



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**SOLUCIÓN VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. 24 DE MAYO Y
CARRERA CUENCA UBICADA EN LA CIUDAD DE CAÑAR, CONSIDERANDO
CRITERIOS DE TRÁFICO, SEGURIDAD VIAL Y ACCESIBILIDAD
UNIVERSAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTOR: LUIS ROGELIO LOJA ORDOÑEZ

TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSc

Cuenca - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Rogelio Loja Ordoñez con documento de identificación N° 0302549068 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 10 de julio de 2025

Atentamente,



Luis Rogelio Loja Ordoñez

0302549068

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Luis Rogelio Loja Ordoñez con documento de identificación N° 0302549068, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Solución vial en la intersección de la Av. 24 de Mayo y Carrera Cuenca ubicada en la ciudad de Cañar, considerando criterios de tráfico, seguridad vial y accesibilidad universal”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 10 de julio de 2025

Atentamente,



Luis Rogelio Loja Ordoñez

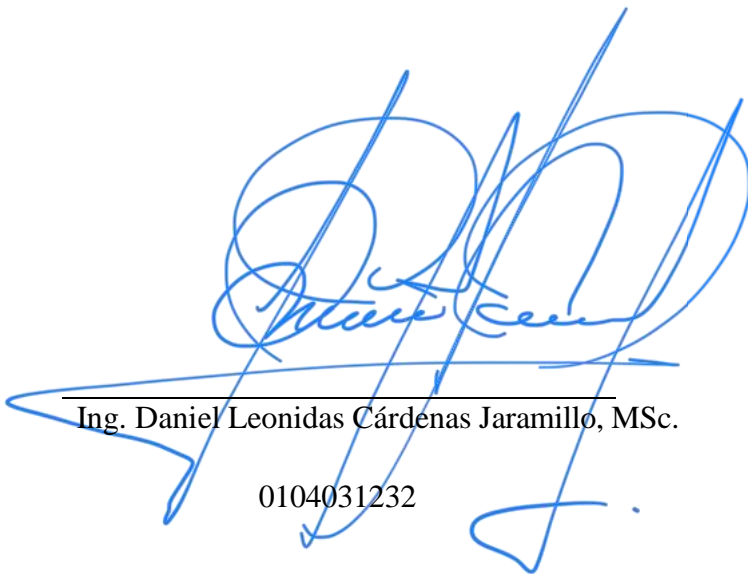
0302549068

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo con documento de identificación N° 0104031232, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: SOLUCIÓN VIAL EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. 24 DE MAYO Y CARRERA CUENCA UBICADA EN LA CIUDAD DE CAÑAR, CONSIDERANDO CRITERIOS DE TRÁFICO, SEGURIDAD VIAL Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL, realizado por Luis Rogelio Loja Ordoñez con documento de identificación N° 0302549068, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 10 de julio del 2025

Atentamente,



Ing. Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo, MSc.

0104031232

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis porque sin su apoyo este sueño habría sido solo un anhelo y no una realidad:

A mis padres, Sandra y Bolívar, quienes con su amor incondicional y apoyo constante fueron la luz en los días oscuros y el sostén en cada paso de este camino.

A mis hermanos, Karolayn y Mateo, cuya compañía y ánimo que siempre fueron el impulso que me levanto cuando las fuerzas flaqueaban.

A mi director de tesis, Ing. Daniel Cárdenas, por su guía experta, paciencia infinita y valiosos consejos que transformaron dudas en certezas.

A mis amigos Bryan Valdez y Fernando Andrade, por su amistad sincera y apoyo incondicional; y muy especialmente a mi primo Jonathan Rodríguez, quien con sus palabras alentadoras me brindo fuerzas en los momentos más difíciles.

A Luis Guamán y Rosa Acero, quienes, aunque no son mis padres, se convirtieron en pilares de motivación y aliento en los momentos cruciales en que la esperanza parecía desvanecerse.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la culminación de este trabajo. A todos ustedes, que fueron la fuerza en medio de la incertidumbre, les dedico con gratitud este logro, que es también fruto de su apoyo y confianza.

DEDICATORIA

Primero, agradezco a dios, quien me ha concedido esta oportunidad que parecía lejana,
pero hoy se convierte en realidad.

Dedico estas tesis a mis padres, cuyo amor inquebrantable y sacrificios silenciosos han sido el pilar que sostiene mi fortaleza en medio de dudas y certezas, me enseñaron que la perseverancia vence al desaliento y que el esfuerzo constante abre caminos donde parecía no haberlos.

Este triunfo también es para mis hermanos y familia, su presencia ha sido luz en mis días oscuros y compañía en mis momentos de triunfo

A mis amigos, gracias por su lealtad y risas que transformaron los obstáculos en aventuras inolvidables ya que si su apoyo este camino habría sido mucho más solidario y difícil.

De manera muy especial, quiero dedicar esta tesis a Domenica, cuya presencia ha sido un faro constante en mi vida. Su apoyo y cariño han sido el contraste perfecto entre la calma y la tormenta, gracias por ser inspiración y refugio, por compartir sueños y fortalecer mi espíritu en cada paso.

Finalmente, a todos aquellos que, con pequeños gestos o grandes palabras, han impulsado esta tesis hacia su culminación cada aliento ha sido un motor en medio de la fatiga y esperanza.

RESUMEN

La provincia de Cañar y en especial su ciudad ha demostrado un alto crecimiento demográfico y comercial, esto ha traído consigo problemas de movilidad que cada día se agravan especialmente en horas pico por lo que es necesario implementar medidas de gestión de tráfico de forma inmediata.

El presente estudio se desarrolló en la intersección de la Avenida 24 de mayo y la calle Carrera Cuenca, la cual presenta problemas relacionados con la congestión vehicular y deficiencias en la seguridad vial. Con el objetivo de abordar esta problemática, se realizó una recolección de datos en campo mediante la instalación de cámaras, conteo de vehículos y posterior tabulación de la información obtenida. Mas allá de identificar la situación actual, el propósito del estudio fue proponer una alternativa viable que, a diferencia de soluciones a corto plazo, esté orientada a mejorar de manera sostenible tanto la seguridad como el nivel de servicio de esta intersección durante los próximos 20 años, con esto se buscó fundamentar estas propuestas, con un enfoque meticuloso en la recolección de datos, en lugar de confiar solamente con estimaciones. Se instaló una cámara de video para registrar el tránsito vehicular durante todo el día a lo largo de una semana. Además, se realizaron conteos manuales y se clasificaron los vehículos. Toda esta información fue posteriormente procesada en el software Synchro, lo que permitió analizar el desempeño de la red vial y prever su evolución.

Como resultado del análisis realizado, se identificó una solución específica al problema de congestión vehicular en la intersección antes señalada. A partir de la información obtenida y mediante la proyección del comportamiento de tráfico a 10, 15 y 20 años, se determinó que actualmente dicha intersección opera bajo un nivel de servicio F, es decir, sobresaturación, congestión severa, largos tiempos de demora y una

inestabilidad extrema de flujo vehicular. Ante esta observación, se ejecutaron intervenciones como la eliminación del redondel, la implementación de señalización adecuada y la instalación de semáforos, que según los resultados del modelado y simulación vial se alcanzó un nivel de servicio D. Este nivel indica una condición de flujo estable con periodos de congestión aceptables durante las horas picos, conforme a los parámetros técnicos establecidos. De esta manera se permite mejorar la eficiencia de la intersección vehicular, reducir los tiempos de viaje y aumentar la seguridad vial en beneficio de los usuarios del sistema de transporte.

Palabras claves:

Crecimiento urbano, tráfico, congestión vehicular, seguridad vial, nivel de servicio, proyección de tráfico, accesibilidad universal.

ABSTRACT

The province of Cañar, and especially its city, has experienced rapid population and commercial growth. This has led to mobility problems that are becoming more severe each day, especially during rush hour, making it necessary to implement traffic management measures immediately.

This study was conducted at the intersection of Avenida 24 de Mayo and Carrera Cuenca Street, which presents problems related to traffic congestion and deficiencies in road safety. To address this issue, field data collection was conducted through the installation of cameras, vehicle counting, and subsequent tabulation of the information obtained. Beyond identifying the current situation, the purpose of the study was to propose a viable alternative that, unlike short-term solutions, is aimed at sustainably improving both safety and service levels at this intersection over the next 20 years. This sought to support these proposals with a meticulous approach to data collection, rather

than relying solely on estimates. A video camera was installed to record vehicular traffic throughout the day for a week. Manual traffic counts were also conducted and vehicles classified. All this information was subsequently processed in Synchro software, allowing for analysis of the road network's performance and forecasting its evolution.

As a result of the analysis, a specific solution to the traffic congestion problem at the aforementioned intersection was identified. Based on the information obtained and by projecting traffic behavior over 10, 15, and 20 years, it was determined that the intersection currently operates under Level of Service F, i.e., oversaturation, severe congestion, long delay times, and extreme vehicle flow instability. Based on this observation, interventions were implemented, such as the removal of the roundabout, the implementation of appropriate signage, and the installation of traffic lights. According to the results of road modeling and simulation, a Level of Service D was achieved. This level indicates a stable flow condition with acceptable periods of congestion during peak hours, in accordance with established technical parameters. This improves the efficiency of the vehicular intersection, reduces travel times, and increases road safety for the benefit of transportation system users.

Keywords:

Urban growth, traffic, traffic congestion, road safety, level of service, traffic projection, universal accessibility.

INDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCION	15
2	PROBLEMÁTICA DE ESTUDIO	16
3	ANTECEDENTES.....	16
4	JUSTIFICACION	17
5	DELIMITACION	18
6	OBJETIVOS	20
6.1	OBJETIVO GENERAL	20
6.2	OBJETIVO ESPECIFICOS	20
7	MARCO TEORICO	20
7.1	Congestión vehicular	20
7.2	Causas de la congestión vehicular	21
7.3	Fricción en el flujo vehicular	21
7.4	Infraestructura vial inadecuada	21
7.5	Incremento del parque automotor.....	21
7.6	Conductas inapropiadas de los conductores	21
7.6.1	Factores externos	21
7.7	Gestión deficiente del trafico	22
7.8	Parámetros de tránsito vehicular	22
7.8.1	Trazo urbano.....	22
7.9	Relación entre demanda vehicular y oferta vial	22
7.10	Principio básico del flujo vehicular	23
7.11	Variables principales del flujo vehicular	24
7.12	Tipos de flujos.....	24
7.13	Modelos básicos	24
7.14	Característicos de los comportamientos de transito	25
7.14.1	Factor humano.....	25
7.14.2	Factor vehicular	25
7.14.3	Factor vía y entorno.....	25
7.15	Vehículos.....	26
7.16	Sistema vial.....	27
7.17	Sistema vial en zonas urbanas	27
7.18	Clasificación de sistema vial urbano	27
7.19	Capacidad y niveles de servicio.....	29
7.20	Diseño de intersecciones	30
7.21	Tipos de intersecciones.....	31

7.21.1	Por nivel de separación.....	31
7.21.2	Por nivel de regulación	32
7.21.3	Por nivel de ubicación.....	33
7.22	Isletas.....	33
7.23	Tipos principales de isletas	34
7.24	TPDA	35
7.25	Clasificación vehicular.....	36
7.26	Volúmenes de tránsito totales.....	37
7.27	Volúmenes de tránsito promedio diario.....	38
7.28	Software Synchro.....	39
7.29	Beneficios de usar SYNCHRO	40
8	METODOLOGIA.....	41
8.1	Levantamiento topográfico con Dron.....	41
8.2	Levantamiento con ortofoto.....	42
8.3	Posiciones de cámara y solapamiento de imágenes.....	43
8.4	Posiciones de cámara y estimadores de error	43
8.5	Modelo digital de elevaciones	44
8.6	Importación de puntos al Civil 3D.....	44
8.7	Descripción del Área de Estudio de la hora pico.....	45
8.8	Determinación del conteo vehicular	48
8.9	Determinación del TPDA.....	49
8.10	Factor horario y diario	51
8.11	Factor Semanal	51
8.12	Factor mensual	52
8.13	Procedimiento del cálculo del Tránsito promedio Diario Anual (TPDA)	53
8.14	Proyección de tráfico del proyecto	53
8.15	Tasa de saturación	54
8.16	Tasa de motorización	54
8.17	Análisis de niveles de servicio con el software SYNCHRO.....	57
8.18	Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	56
8.19	Resumen diario de conteo de tráfico de cada estación.....	59
8.20	Resumen diario de conteo de tráfico de cada estación sin motos	61
8.21	Determinación de la hora pico.....	64
8.22	Proyección del tráfico para 20 años.....	65
9	RESULTADOS.....	70
9.1	Modelación del escenario actual en el Software Synchro	70

9.2	Modelación del escenario actual	71
9.2.1	Reporte del Software Synchro modelación actual.....	71
9.3	Modelación del escenario para 20 años con proyección para el 2045 en el Software Synchro	72
9.4	Modelación del escenario futuro para el 2045.....	73
9.4.1	Reporte del Software Synchro modelación futura para el año 2045.....	73
9.5	Solución propuesta para la intersección	74
9.5.1	Reportes de la solución propuesta para el año 2045.....	75
9.6	Plano de la solución propuesta.....	76
9.7	Presupuesto.....	77
10	CONCLUSIONES.....	78
11	RECOMENDACIONES.....	79
12	BIBLIOGRAFIA	79
13	ANEXOS.....	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Formato de hora pico	47
Tabla 2.	Formato de conteo vehicular.....	49
Tabla 3.	Resumen de conteos de tráfico por intersección	50
Tabla 4.	Factor semanal.....	51
Tabla 5.	Consumo de combustibles en el año 2022 de la provincia del Cañar.....	52
Tabla 6.	Conteo de la estación 1	59
Tabla 7.	Conteo de la estación 2	60
Tabla 8.	Conteo de la estación 3	60
Tabla 9.	Conteo de la estación 1 sin motocicletas.....	61
Tabla 10.	Conteo de la estación 2 sin motocicletas.....	62
Tabla 11.	Conteo de la estación 3 sin motocicletas.....	63
Tabla 12.	Hora pico.....	64
Tabla 13.	Volumen de hora pico.....	65
Tabla 14.	Proyección del tráfico vehicular en la ciudad de cañar.....	66
Tabla 15.	Tasa de crecimiento vehicular 1	69
Tabla 16.	Tasa de crecimiento vehicular 2	69
Tabla 17.	Proyección de vehículos en la ciudad de cañar.....	69
Tabla 18.	Presupuesto	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Delimitación de la ciudad de Cañar.....	19
Figura 2.	Zona de estudio	19
Figura 3.	Demanda vehicular y oferta vial	23
Figura 4.	Demanda vehicular y oferta vial	23
Figura 5.	Elementos de la circulación	26
Figura 6.	Componentes del sistema vial urbano	28
Figura 7.	Niveles de servicio	30
Figura 8.	Intersecciones a desnivel.....	32
Figura 9.	Intersección de regulación.....	33
Figura 10.	Isleta de cruce peatonal.....	34
Figura 11.	Isleta de separación	34
Figura 12.	Isleta de vado.....	35
Figura 13.	Clasificación vehicular.....	37
Figura 14.	levantamiento con el dron DJI Mavic 2 Zoom.....	42
Figura 15.	Levantamiento con Ortofoto	43
Figura 16.	Posiciones de cámara y solapamiento de imágenes.....	43
Figura 17.	Posiciones de cámara y estimadores de error	44
Figura 18.	Modelo digital de elevaciones.	44
Figura 19.	Modelación en el software Agisoft Meashape	45
Figura 20.	Diseño planimétrico de la intersección.....	45
Figura 21.	Intersección señalada los diferentes ramales.....	46
Figura 22.	Estaciones de la intersección	47
Figura 23.	Ubicación de la cámara.....	48
Figura 24.	Modelación de diseño en el Software Synchro.....	57
Figura 25.	Ingreso de datos al Software Synchro.....	58
Figura 26.	Reportes de la simulación.....	58
Figura 27.	Proyección del modelo logístico	68
Figura 28.	Modelación con el escenario actual nivel de servicio E.....	71
Figura 29.	Reporte de la intersección con un nivel de servicio tipo E.....	72
Figura 30.	Modelacion proyectada para el 2045	73
Figura 31.	Reporte de la intersección con un nivel de servicio F.....	74
Figura 32.	Modelación de la solución proyectada para el 2045	75
Figura 33.	Tiempo semafórico de la intersección	75
Figura 34.	Tiempos de la semaforización.....	76

Figura 35.	Reporte de la intersección con un nivel de servicio Tipo C.....	76
Figura 36.	Plano de la intersección.....	77

INDICE DE ANEXOS

Anexo A.	Tabla de conteo vehicular.....	82
Anexo B.	Plano actual de la intersección	83
Anexo C.	Plano de la solución vial para el año 2045	84

1 INTRODUCCION

En la ciudad de Cañar en el Ecuador, ha sido notable el crecimiento de vehículos durante los últimos años, lo que ha generado retos en la gestión de tráfico y movilidad urbana. Con este antecedente se encuentra un punto crítico identificado en la intersección entre la Avenida 24 de Mayo y la calle Carrera Cuenca, lo que ha motivado estudios para mejorar la movilidad donde se registra volúmenes significativos de tráfico especialmente en horas pico, este aumento vehicular refleja un proceso dinámico que impacta la movilidad urbana demandando una gestión adecuada para mejorar la calidad de vida y la seguridad vial. (Llguizaca, 2018)

Esta intersección representa un punto clave que impacta negativamente en la calidad del tránsito, la seguridad de los usuarios y la accesibilidad para personas con movilidad limitada. Estos problemas se intensifican debido al crecimiento constante de la población y del número de vehículos, así como la diversificación de los medios de transporte y las cambiantes necesidades de los usuarios. Por ello, resulta demostrar la factibilidad y eficacia de medidas para abordar y resolver esta problemática.

De esta manera, es necesario incorporar criterios técnicos, junto con estrategias novedosas como la planificación urbana, gestión del tráfico cuyo estudio propone implementar sistemas de redondeles para optimizar el flujo vehicular, semaforización, contribuyendo así a mejorar la calidad y sostenibilidad de la movilidad en la ciudad de Cañar. Entre las propuestas de señalización se incluyen flechas direccionales indicadores marcas viales de línea continua todo orientado a aumentar la eficiencia del tránsito.

Este estudio consiste en utilizar metodologías tecnológicas como simulaciones, utilizando el software Synchro. A través de análisis se puede identificar los motivos de la congestión vehicular y los bajos niveles de servicio que actualmente presenta la

intersección. La mejora de las condiciones de operación propenderá a potenciar la seguridad vial, reducir los puntos críticos de congestión vehicular y tiempos de espera de los usuarios, lo que se conoce como un estudio de impacto a la movilidad. (Zavaleta Hoyos, 2021)

2 PROBLEMÁTICA DE ESTUDIO

La principal dificultad que presenta la intersección entre la Avenida 24 de Mayo y la Carrera Cuenca es el congestionamiento vehicular. Esta situación se manifiesta por la acumulación de vehículos que superan la capacidad de movimiento en la vía, generando un flujo lento o incluso detenido, los tiempos de espera abordan alrededor de 3 a 5 min y los niveles de servicio de acuerdo a calidad del flujo que se oscilan entre D y E en horas de máxima demanda. El mayor problema se presenta en la Avenida 24 de mayo. La incidencia de siniestro viales, la baja calidad d aire y la deficiente señalización son algunos problemas asociados a la congestión vehicular. Para mitigar esta congestión es necesario realizar un estudio detallado que permite identificar soluciones viales, enfocados en reducir tiempos de esperas durante las horas pico y así ofrecer mayor eficiencia y comodidad para los usuarios.

3 ANTECEDENTES

Durante las décadas de 1960 y 1970, la planificación del transporte se centraba principalmente en la oferta de infraestructura vial, sin considerar integralmente las dinámicas sociales, ambientales y económicas sin embarco a partir de los años 90 con la emergencia de los principios del desarrollo sostenible, se procedió a desarrollar un enfoque más equilibrado e inclusivo: la planificación de la movilidad urbana sostenible (*Gestores de movilidad, s. f.*)

Este nuevo enfoque incorpora la Inter movilidad, el transporte público eficiente, la promoción de medios no motorizados (como caminar y andar en bicicleta), la gestión de la demanda de viajes y el diseño de ciudades accesibles y resilientes.

Entre las principales actividades centrales incluye la realización de un diagnóstico técnico de las intersecciones viales con problemas de conflicto, con el propósito de definir criterios para la regulación de tránsito mediante la señalización vial apropiada. Además, se plantea acciones complementarias enfocadas en una gestión integral de la movilidad sostenible, que busca reducir el uso del vehículo particular fomentando el transporte público y eficiente promoviendo modos de transporte no motorizado, como la bicicleta y la caminata.

La visión del municipio de Cañar sobre el manejo de movilidad se centra en la creación de un sistema que sea sostenible, seguro eficiente y accesible para todos los ciudadanos, como reducir la dependencia del vehículo privado y promover el uso de medios de transporte alternativos, garantizar la seguridad vial para todos los usuarios, especialmente en peatones y ciclistas, a través de la implementación de infraestructura adecuada y la promoción de la educación vial, optimizar el tiempo de viaje y la congestión vehicular, a través de la planificación de rutas y gestión de tráfico y a su vez facilitar el acceso a la movilidad para personas con discapacidad y otros grupos vulnerables.

4 JUSTIFICACION

La intersección vial objeto de estudio se encuentra en una zona de alta afluencia vehicular y peatonal, debido a su proximidad a instituciones educativas, mercado central, bancos y el centro de la ciudad, lo que genera un flujo constante y elevado de tránsito. Esta situación provoca la congestión y aumenta los riesgos de quienes transitan por la avenida. Además, la ausencia de señalización adecuada y la falta de

infraestructura peatonal dificulta el desplazamiento de los usuarios. En particular el redonde existente carece de radio de giro necesario, lo que representa un peligro tanto como los conductores como para peatones. Estos factores convierte a la zona en un punto conflictivo donde la convivencia entre diferentes tipos de usuarios se ven afectados.

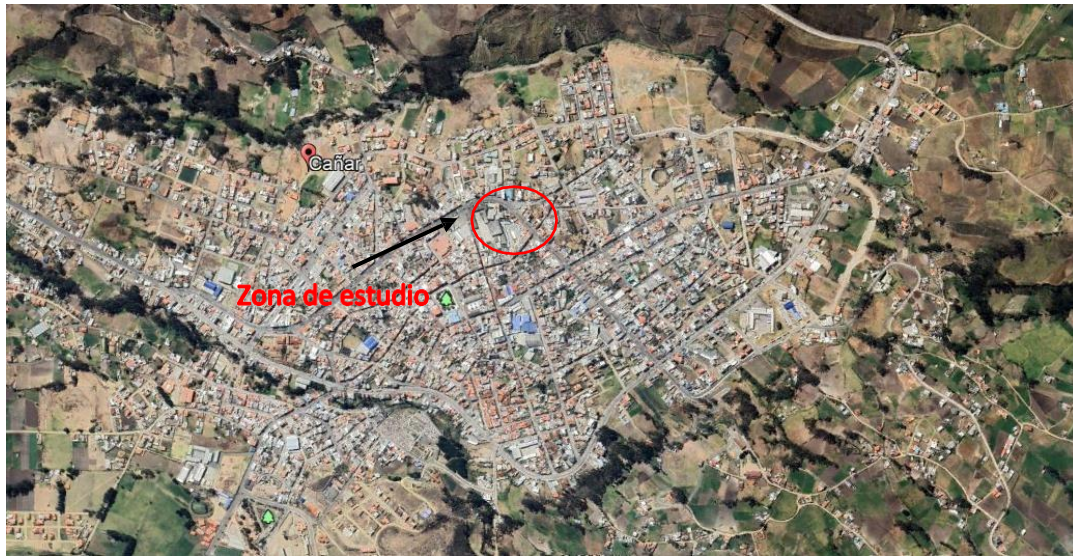
En cuanto esta intersección es una zona de alto tráfico ya que principalmente se presenta congestión causada por el volumen de vehículos que excede la capacidad de la vía, agravada por factores humanos, infraestructura deficiente y condiciones externas, provocan aumento de tiempo en los viajes. Generalmente los usuarios utilizan más esta vía porque es un eje urbano con mayor capacidad y aforo vehicular, concentrando el transporte colectivo y privado que conecta zonas residenciales con centros de actividad económica y social.

5 DELIMITACION

La zona de estudio se encuentra en la Avenida 24 de mayo y la Carrera Cuenca, en la provincia del Cañar, Cantón Cañar.

A continuación, en las siguientes graficas se muestra la localización geográfica de la zona analizada

Figura 1. Delimitación de la ciudad de Cañar



Fuente: (*Google Maps, s. f.*)

Figura 2. Zona de estudio.



Fuente: (*Google Maps, s. f.*)

6 OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la intersección de la Av. 24 de Mayo y la Carrera Cuenca ubicada en la ciudad de Cañar considerando criterios de tráfico, seguridad vial y accesibilidad universal.

6.2 OBJETIVO ESPECIFICOS

- Analizar niveles de servicio.
- Realizar un conteo vehicular para determinar el volumen y tipo de tráfico en la zona obteniendo el TPDA.
- Realizar proyecciones y simulaciones para 20 años.
- Desarrollar planos y presupuestos de la intersección.

7 MARCO TEORICO

El análisis vehicular representa una metodología completa que facilita la comprensión y evaluación de múltiples factores vinculados tanto a los usuarios como al desempeño de los vehículos lo cual este proceso se apoya en base teórica firme y en conocimientos técnicos especificados, que juntos ofrecen las herramientas necesarias para identificar y solucionar problemas planteados.

7.1 Congestión vehicular

La congestión vehicular es la condición en la que el flujo de vehículos se vuelve lento e irregular debido a la saturación de las vías, afectando negativamente tanto eficiencia del transporte como bienestar de los usuarios.

7.2 Causas de la congestión vehicular

La congestión vehicular es un problema complejo que surge por múltiples factores interrelacionados. A continuación, se detallan las principales causas identificadas en estudios recientes

7.2.1 Fricción en el flujo vehicular

Cuando el volumen de tránsito supera la capacidad de la vía, cada vehículo adicional interfiere con el desplazamiento de los demás, aumentando los tiempos de circulación y reduciendo la velocidad promedio. (Thomson & Bull, 2002a)

7.2.2 Infraestructura vial inadecuada

- **Diseño deficiente:** La falta de demarcación de carriles, cambios inesperados en la cantidad de carriles, y ubicación inadecuada de parámetros generan interrupciones en el flujo. (Thomson & Bull, 2002b)
- **Mantenimiento insuficiente:** Como el mal estado del pavimento, baches y acumulación de agua por lluvias disminuyen la capacidad de las vías.

7.3 Incremento del parque automotor

El aumento en grandes cantidades de vehículos especialmente en ciudades densamente pobladas, genera una demanda excesiva sobre las carreteras.

7.4 Conductas inapropiadas de los conductores

El incumplimiento de normas de tránsito, como bloquear intersecciones o ignorar señales, agrava los embotellamientos. (Thomson & Bull, 2002b)

7.5 Factores externos

- **Clima:** Lluvias intensas y otros fenómenos meteorológicos reducen la seguridad y la capacidad vial.

- **Incremento demográfico:** La densidad poblacional eleva la demanda de transporte urbano y contribuye al congestionamiento.(Cabrera, 2023)

7.6 Gestión deficiente del tráfico

Problemas como ciclos semafóricos mal sincronizados y falta de carriles exclusivos para giros generan atascos en puntos críticos (Cabrera, 2023)

7.7 Parámetros de tránsito vehicular

7.7.1 Trazo urbano

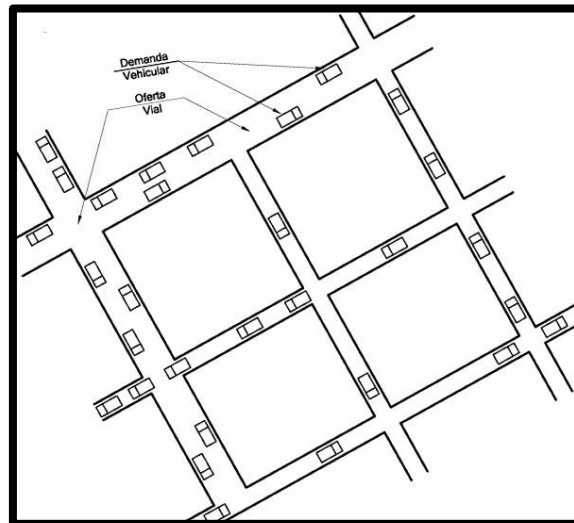
La traza urbana actual se refiere al diseño y organización física de las calles, avenidas, espacios públicos y además elementos que conforman a estructura de una ciudad. Este patrón define como se contribuye y conectan las diferentes áreas urbanas, influyendo en la movilidad, la accesibilidad y a calidad de vida de sus habitantes. Existen varios trazos urbanos que se emplean según el contexto histórico, geográfico y cultural, así como las necesidades de planificación como también la traza urbana también considera aspectos como la zonificación (residencial, comercial, industrial), la ubicación de espacios públicos (parques, plazas), la infraestructura básica (agua, electricidad, transporte) y el diseño peatonal, buscando promover la conectividad y la movilidad sostenible. (UrbanaDesign, 2023)

7.8 Relación entre demanda vehicular y oferta vial

La congestión vehicular surge cuando la demanda de vehículos necesita circular por una vía y esta supera la capacidad u oferta vial disponible. La demanda incluye vehículos en movimiento, en espera por congestión y los que buscan rutas alternas. Para evaluar el flujo vehicular es necesario comparar la demanda con la oferta, que se mide en términos de capacidad física de la vía, es decir la cantidad máxima que puede soportar

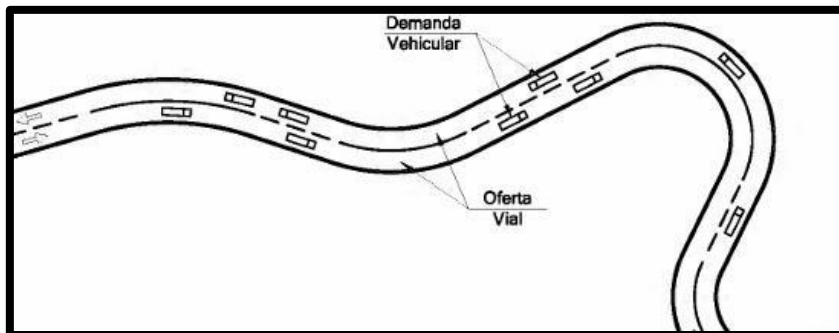
Cuando la demanda es menor que la oferta, el flujo es estable; si es igual, el sistema está al límite; y si la demanda supera la oferta, se generan congestiones y demoras significativas. Este análisis es fundamental para identificar y solucionar problemas de tránsito urbano. (Rafael Cal y Mayor R, 2007)

Figura 3. Demanda vehicular y oferta vial.



Fuente: (Rafael Cal y Mayor R, 2007)

Figura 4. Demanda vehicular y oferta vial.



Fuente: (Rafael Cal y Mayor R, 2007)

7.9 Principio básico del flujo vehicular

Los principios básicos del flujo vehicular se fundamentan en tres variables principales: flujo (q), velocidad (v) y densidad (k), relacionadas mediante la ecuación

fundamental del flujo vehicular $q = v * k$. Estas variables permiten describir y predecir el comportamiento del tránsito. (Flujo Vehicular, 2008)

7.10 Variables principales del flujo vehicular

- **Flujo (q):** es la cantidad de vehículos que pasan por un punto específico en un intervalo de tiempo, generalmente expresando en vehículos por hora.
- **Velocidad (v):** es la velocidad promedio a lo que circulan los vehículos por la vía. Esto significa que representa su velocidad expresada en kilómetros por hora.
- **Densidad (k):** es el número de vehículos por unidad de longitud de la vía

Estas variables están interrelacionadas: cuando la densidad aumenta, la velocidad tiende a disminuir, y el flujo tiene un valor máximo en un punto intermedio donde el producto velocidad – densidad es máximo. Por ejemplo, en condiciones de flujo libre, la velocidad es alta y la densidad baja, mientras que en la congestión la densidad es alta y la velocidad baja o nula. (*Análisis de Tráfico Vehicular*, s. f.)

7.11 Tipos de flujos

- **Flujo continuo:** se da en vías sin interrupciones externas como semáforos o señales de alto; los vehículos solo se detienen por razones inherentes al tráfico, accidentes o paradas específicas.
- **Flujo interrumpido:** Característico de calles urbanas donde semáforos y señales que obligan a detenerse periódicamente afectando a la continuidad del flujo. (Flujo Vehicular, 2008)

7.12 Modelos básicos

- El modelo de Greenshields es uno de los más conocidos y establece que el flujo aumenta con la densidad hasta un punto máximo, luego disminuye cuando la densidad sigue aumentando y el tráfico se congestiona.

- Otros modelos, como el logarítmico de Greenberg, relacionan velocidad y densidad con funciones más complejas inspiradas en la dinámica de fluidos.

Estos conceptos son esenciales para analizar y diseñar sistemas viales, ya que permiten evaluar la calidad de servicio y tomar decisiones para mejorar la circulación y reducir la congestión vehicular. (Flujo Vehicular, 2008)

7.13 Característicos de los comportamientos de tránsito

Se dividen en tres factores principales, cada uno con características específicas que influyen en la dinámica vial.

7.13.1 Factor humano

Incluye conductores, peatones y pasajeros. Es el elemento más determinante en el tránsito, ya que la mayoría de los siniestros se atribuyen a errores humanos, decisiones y comportamientos como la atención, experiencia, percepción, relación y respeto a las normas son aspectos claves que afectan la seguridad y fluides del tránsito. (Tuteorica, 2022)

7.13.2 Factor vehicular

Comprende todos los vehículos que circula, desde automóviles, motocicletas, bicicletas hasta vehículos de carga. Sus características técnicas (peso, dimensiones, capacidad, sistemas de seguridad y estado de mantenimiento) estos factores influyen en la operación vial y la seguridad además la adecuación del vehículo a la vía es esencial para un flujo eficiente y seguro.(Tuteorica, 2022)

7.13.3 Factor vía y entorno

Se refiere a la infraestructura vial, incluyendo el diseño de las vías, señalización, intersecciones, elementos de control y condiciones ambientales tales como: clima, iluminación, estado del pavimento etc., la calidad y diseño de la vía condiciona la

capacidad y seguridad del tránsito, siendo necesarios para una circulación ordenada y eficiente.(Tuteorica, 2022)

Figura 5. Elementos de la circulación.



Fuente: (Tuteorica, 2022)

Estos tres componentes interactúan constantemente e integración adecuada es fundamental para optimizar la movilidad, reducir accidentes y mejorar la experiencia de los usuarios en las vías.

7.14 Vehículos

El desarrollo de los vehículos ha respondido a la creciente necesidad humana de transporte, evolucionando desde los primeros vehículos a vapor y llegando hasta los automóviles actuales con tecnología sofisticada ya que esta evolución incluye desde vehículos simples hasta otros altamente especializados diseñados según diferentes necesidades en las vías. (Rafael Cal y Mayor R, 2007)

Los vehículos se dividen principalmente en livianos y pesados, diferenciándose por características como el radio de giro, las distancias entre ejes, el ancho total y los voladizos delanteros y traseros, que son fundamentalmente para el diseño de la infraestructura vial, el término “vehículo proyectante” se refiere a un modelo teórico con dimensiones y propiedades específicas que se emplea para establecer criterios en el diseño geométrico de las vías. (Rafael Cal y Mayor R, 2007)

7.15 Sistema vial

El sistema vial es el conjunto de vías y sus elementos que permite la comunicación y movilidad de personas, vehículos y están formados por calles, avenidas, carreteras, autopistas, caminos rurales, puentes, señalización, iluminación y otros componentes que facilitan el tránsito seguro y eficiente. (Servicio Público para Pago de Accidentes de Tránsito, 2023)

Su función primordial es garantizar la conexión entre sectores urbanos y rurales, facilitando el transporte público como privado tales como el sistema vial se organizan integrando redes viales fundamentales (vías principales y autopistas) y redes locales que permiten el acceso a zonas específicas.

Además, el sistema vial no solo abarca la infraestructura física, sino también la gestión y regulación del tránsito para asegurar la movilidad y la seguridad de los usuarios, esto implica políticas públicas, normativas, mantenimiento y tecnologías que contribuyen a reducir accidentes y mejorar la fluidez del tránsito.(Servicio Público para Pago de Accidentes de Tránsito, 2023)

7.16 Sistema vial en zonas urbanas

En zonas urbanas el sistema vial este compuesto por un conjunto de vías organizadas que facilitan la movilidad segura y eficiente dentro de la ciudad, aquí interviene la clasificación de estas vías se basa principalmente en su función, capacidad y nivel de importancia para el flujo vehicular y peatonal.

7.17 Clasificación de sistema vial urbano

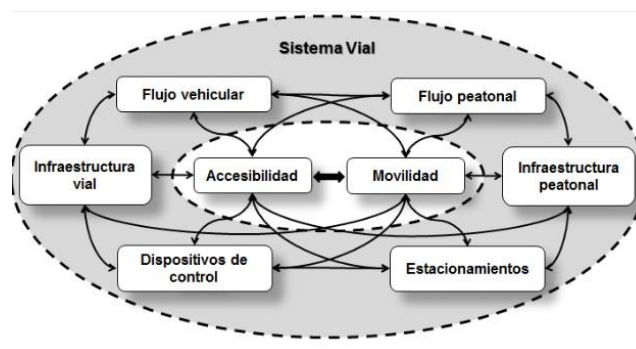
- **Vías primarias:** Conectan las principales áreas urbanas y permiten el tránsito continuo y fluido de vehículo; su característica es la alta

capacidad, control de accesos, velocidades moderadas altas. (Totalmente Reflejante, 2025)

- **Vias secundarias:** Distribuyen el tráfico desde las vías primarias hacia las zonas específicas y conectan barrios o sectores; su característica es la capacidad media, facilitan accesos locales y movilidad interna.(Totalmente Reflejante, 2025)
- **Vias terciarias:** acceso directo a propiedades residenciales o comerciales, con tráfico principalmente local; su característica es el acceso directo a propiedades residenciales o comerciales, con tráfico principalmente local.

Además, el sistema vial urbano incluye elementos complementarios como señalización, semáforos, ciclovías y zonas peatonales, que contribuyen a la seguridad y al orden del tránsito, también permite organizar el flujo vehicular, mejora la seguridad vial y optimizar la movilidad urbana, adaptándose a las necesidades específicas de cada tipo de vía y usuario. (Totalmente Reflejante, 2025)

Figura 6. Componentes del sistema vial urbano



Fuente: (Pérez et al., 2021)

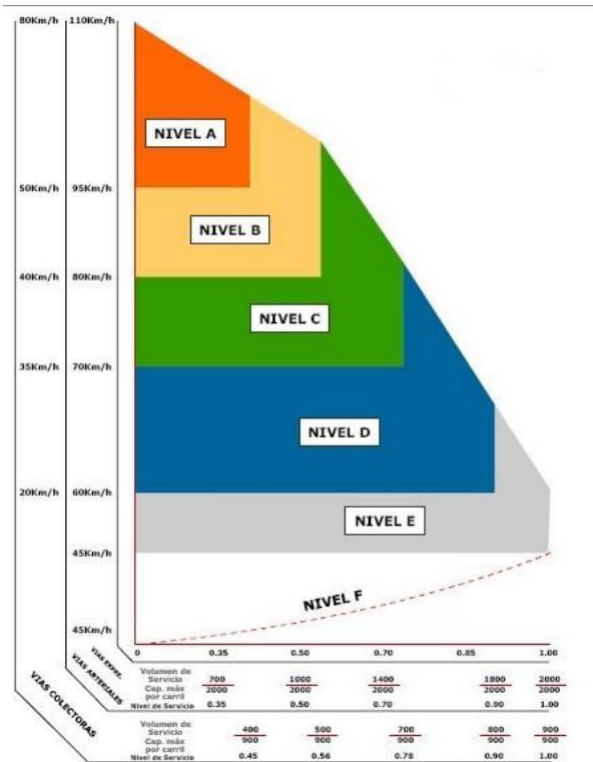
7.18 Capacidad y niveles de servicio

La clasificación de niveles de servicio de carreteras se basa en una escala de seis niveles, de la A a la F, que describe la calidad del flujo vehicular y las condiciones de operación en la vía las cuales detallamos a continuación:

- **Nivel A:** Flujo libre, con muy baja congestión ya que los conductores tienen máxima libertad para elegir velocidad y maniobrar, es el nivel con mejores condiciones operativas. (Rafael Cal y Mayor R, 2007)
- **Nivel B:** Flujo estable, con presencia de otros vehículos que empiezan a limitar ligeramente la libertad de maniobra y velocidad.
- **Nivel C:** Flujo estable, pero con interacciones significativas entre vehículos que afectan la operación individual.
- **Nivel D:** Flujo inestable, con congestión creciente y reducción notable en la comodidad y velocidad.
- **Nivel E:** Flujo muy congestionado, con circulación forzada y baja velocidad
- **Nivel F:** Congestión extrema o parada total del tráfico, condiciones de operación muy deficientes (Rafael Cal y Mayor R, 2007)

En la gestión vial, los niveles de servicio se utilizan para establecer estándares de conservación y mantenimiento, buscando garantizar la seguridad, confort y funcionalidad en la vía a lo largo del tiempo ya que estos niveles también sirven para definir intervenciones de mantenimiento rutinario o periódico según la condición de la carretera, también nos permite evaluar y controlar la calidad operativa de una vía desde un flujo libre hasta condiciones de congestión severa, siendo una herramienta clave para el diseño, operación y mantenimiento vial. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

Figura 7. Niveles de servicio



Fuente: Antonio Valdez Gonzales, 1982

7.19 Diseño de intersecciones

Para el diseño de intersecciones se debe enfocarse en garantizar seguridad, fluides y comodidad para todos los usuarios (vehículos, peatones, ciclistas) los aspectos claves que influyen en el diseño de intersecciones son:

- **Factores humanos:** hábitos de conducción, tiempo de reacción movimientos de peatones y ciclistas.
- **Consideraciones de tráfico:** capacidad, tipos de movimientos (giros, cruces), velocidades y volumen vehicular

- **Elementos físicos:** Angulo de intersección (idealmente entre 60° y 120°), visibilidad adecuada, carriles de giro, señalización y dispositivos de control.
- **Seguridad:** reducción de áreas de conflicto, control de velocidad mediante geometría (curvas y ancho de carriles), y diseño claro y sencillo para evitar confusión.
- **Diseños innovadores para mayor seguridad:** intersecciones elevadas para reducir velocidad, extensión de aceras para mejorar visibilidad, intersecciones protegidas como refugios peatonales y separación de cruces para ciclistas, y cruces peatonales con líneas curvas que facilitan el desplazamiento seguro. (González, 2024)

Es importante considerar costos, impacto de propiedades colíndales y normativas locales para un diseño funcional y sustentable, este enfoque integral permite crear intersecciones seguras, eficientes y adaptadas a las necesidades urbanas actuales.

7.20 Tipos de intersecciones

Las intersecciones se clasifican principalmente por su diseño y nivel de separación entre flujos vehiculares:

7.20.1 Por nivel de separación:

A desnivel (sin cruces directos entre vías):

- **Tipo T o tres vías:** manejan tres accesos con flujos en distintos niveles.
- **Tréboles:** cuatro accesos con rampas de conexión. (Rodarx, 2001)
- **Vías múltiples:** cinco o más accesos con estructuras elevadas o subterráneas.

A nivel (los flujos se cruzan en un mismo plano):

- **Cruces simples:** dos vías que se intersecan, generalmente en ángulo recto.
- **Plazas y glorietas:** flujo circular alrededor de una isleta central.
- **Pasos a nivel:** cruces entre carreteras y vías férreas. (Rodarx, 2001)

Figura 8. Intersecciones a desnivel

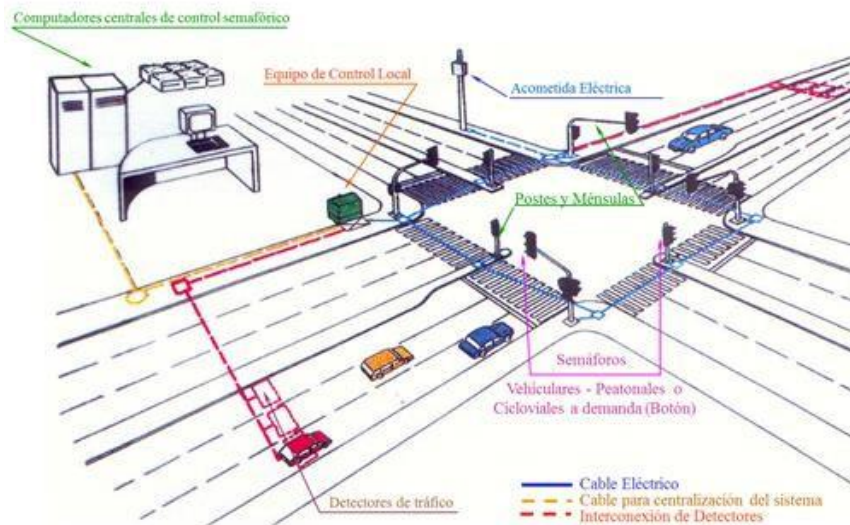
DE CUATROS RAMAS				DE TRES RAMAS	
DE LIBRE CIRCULACIÓN		CON CONDICIÓN PARADA		DIRECCIONALES	TROMPETAS
OTROS	TRÉBOL COMPLETO	DIAMANTES	TRÉBOL PARCIAL		

Fuente: (ViasPucp, 2022)

7.20.2 Por nivel de regulación

- **Señalizadas:** controladas por semáforos señales de STOP o Ceda el paso.
- **No señalizadas:** se aplica prioridad al vehículo que llega por la derecha según ley.
- **Dirigidas por autoridades:** agentes de tránsito regulando el flujo. (Rodarx, 2001)

Figura 9. Intersección de regulación



Fuente: (Intersección de Regulación, 2013)

7.20.3 Por nivel de ubicación

- **Urbanas:** incluyen cruces peatonales y ciclovías.
- **Suburbanas:** diseñadas para mayores velocidades, con carriles de aceleración.
- **Especiales:** puentes levadizos o intersecciones con carriles exclusivos como por ejemplo el transporte público. (Rodarx, 2001)

las intersecciones a desnivel reducen accidentes al eliminar conflictos entre flujos cruzados, mientras que las a nivel depende de señalización y normas de prioridad para gestionar riesgos

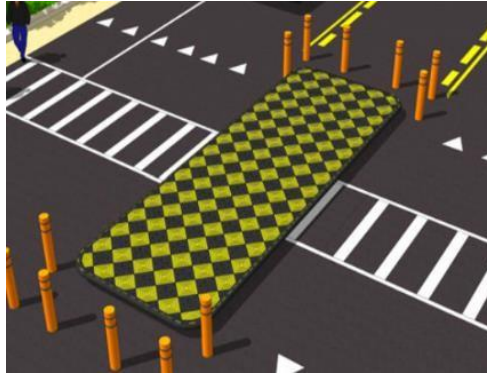
7.21 Isletas

Las isletas de carretera son pequeñas estructuras elevadas o áreas delimitadas en la vía que tienen como objetivo principal guiar y organizar el flujo de tráfico, mejorar la seguridad vial y proteger a los peatones, se colocan comúnmente en intersecciones, cruces peatonales y zonas donde se requieren separar sentidos de circulación o evitar estacionamientos indebidos. (Rafas A., 2025)

7.22 Tipos principales de isletas

- **Isletas de cruce peatonal:** ofrecen un espacio seguro para que los peatones crucen la calle, a menudo con rampas para accesibilidad.

Figura 10. Isleta de cruce peatonal



Fuente: (Unimac Traficc, 2024)

- **Isletas de separación:** dividen flujos de tráfico en sentidos opuestos para evitar accidentes.

Figura 11. Isleta de separación



Fuente: Motociclismo

- **Isletas de vado:** ubicadas en accesos a garajes o zonas de carga para evitar obstrucciones y garantizar accesibilidad.

Figura 12.Isleta de vado



Fuente: Contelogic

Entre las características comunes de una isleta están: una altura de 10 y 15 cm para ser visibles, pero no peligrosas; están construidas con materiales como concreto, asfalto o adoquines, pintadas con colores llamativos y elementos reflectantes para mejorar la visibilidad, incluso de la noche. (Rafas A., 2025)

Entre las funciones y beneficios tenemos principalmente:

- Mejorar la seguridad vial al ordenar el tráfico y proteger a peatones
- Facilitan el acceso peatonal, especialmente para personas con movilidad reducida
- Ayudan a cumplir normativas de tráfico y evitan estacionamientos indebidos
- Ayudan a cumplir normativas de tráfico y evitan estacionamientos indebidos
- Contribuyen a una movilidad más sostenible al reducir congestiones y emisiones

7.23 TPDA

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) es un indicador que representa el número promedio de vehículos que circulan por un punto específico de una vía durante un año completo se puede calcular dividiendo el tráfico total anual entre 365 días,

considerando factores que ajustan el conteo según variaciones diarias, semanales y mensuales del tránsito como también este parámetro es fundamental para el diseño vial, que ayuda a clasificar la vía y determinar el diseño del pavimento, además de ser base para estudios de tráfico y planificación de obras viales. (Granda et al., 2016)

La fórmula general para calcular el TPDA es:

$$TPDA = T_o * F_d * F_s * F_m$$

Donde:

- T_o = es el Tráfico Promedio Diario Observado
- F_d = es el factor diario
- F_s = es el factor semanal
- F_m = es el factor mensual

Este cálculo permite también obtener un valor representativo que refleja las fluctuaciones del tránsito a lo largo del año, facilitando la toma de decisiones en ingeniería vial y planificación urbana.













7.24 Clasificación vehicular

Se basa en la diferenciación entre vehículos livianos y pesados, y se realiza mediante conteos clasificados que permiten determinar la disposición del tráfico en un tramo vial específico, estos se clasifican de la siguiente manera:

- **Vehículos livianos:** incluyen motos, autos, jeeps, camionetas y microbuses.
- **Vehículos pesados:** comprenden buses, vehículos livianos de carga (2-5 toneladas), camiones de diferentes categorías (C2, C3), y vehículos de construcción. (Rafael Cal y Mayor R, 2007)

El TPDA se clasifica en niveles que van desde T1 hasta T9 con rangos que van desde 0 hasta más de 10000 vehículos diarios, para facilitar el análisis y el diseño vial.

Figura 13. Clasificación vehicular

Código	Tipo de Vehículos	Figura
1	Automóviles y Vagonetas	
2	Camionetas (hasta 2 Tn.)	
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	
MB	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	
B2	Buses Medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	
B3	Buses Grandes (más de 35 pasajeros; de 3 ejes)	
C2m	Camiones Medianos (de 2,5 a 10,0 t; de 2 ejes)	
C2	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes)	
C3	Camiones Grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes)	
CSR	Camiones Semiremolque	
CR	Camiones Remolque	
12	Otros Vehículos	

Tomado de: Alex Arteaga, 2008

7.25 Volúmenes de tránsito totales

Corresponden al número total de vehículos que circulan por un punto específico de una vía durante un periodo determinado sin promediar ni ajustar, se clasifican según la duración del conteo:

- **Transito anual (TA):** total de vehículos en un año.
- **Transito mensual (TM):** volumen acumulado en un mes.
- **Transito semanal (TS):** conteo total durante una semana.
- **Transito diario (TD):** vehículos registrados en 24 horas.
- **Periodos menores (Qi):** para intervalos inferiores a una hora (ejemplo: Q15 para 15 minutos). (Navarrete & Aguilar, 2012)

Formula básica

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = vehículos por unidad de tiempo

N = total, de vehículos

T = duración del conteo

Estos valores son esenciales para la planeación vial, diseño geométrico de carreteras evaluación de infraestructuras ya que estos se registran mediante conteos manuales o mecánicos en estaciones permanentes o temporales. (Navarrete & Aguilar, 2012)

7.26 Volúmenes de tránsito promedio diario

Son clave en ingeniería de transporte para cualificar el flujo vehicular, a continuación, sus principales variantes:

- **Transito Promedio Diario (TPD):** número total de vehículos que pasan por un punto específico durante un periodo mayor a un día y menor a un año dividido entre los días del periodo analizado.
- **Transito Promedio Diario Anual (TPDA):** promedio diario calculado con datos de un año completo:

$$TPDA = \frac{\text{Transito Anual (TA)}}{365}$$

- **Transito Promedio Diario Mensual (TPDM):** valor diario promedio obtenido de un mes de datos:

$$TPDM = \frac{\textit{Transito Mensual (TM)}}{30}$$

- **Transito Promedio Diario Semanal (TPDS):** promedio diario basado en conteos semanales:

$$TPDS = \frac{\textit{Transito Semanal (TS)}}{7}$$

- **Volumen horario de proyecto (VHP):** usado para diseño geométrico de vías, generalmente basado en el volumen de la hora 30 más congestionada del año
- **Volumen horario máximo anual (VHMA):** máximo flujo registrado en una hora específica durante un año. (Granda et al., 2016)

Estos indicadores permiten analizar patrones de movilidad y fundamentar decisiones de infraestructura, en cuanto al TDP (Tránsito Diario Promedio) suele referirse al promedio anual, aunque técnicamente puede aplicarse a cualquier periodo. (Granda et al., 2016)

7.27 Software Synchro

Es una herramienta digital avanzada para la gestión y ejecución de proyectos de construcción que integra modelados 3D con programación 4D, permitiendo visualizar el desarrollo del proyecto en tiempo real y de forma interactiva. Entre sus principales funciones tenemos:

- **Integración 4D:** combina modelos tridimensionales con la dimensión temporal para planificar y visualizar la secuencia de construcción, facilitando la detección de conflictos y la optimización del cronograma. (Heather, 2022)

- **Gestión de proyectos:** permite planificar, coordinar y supervisar todas las fases del proyecto, gestionando recursos, asignación de tareas y seguimiento del progreso en tiempo real.
- **Sincronización y actualización de datos:** integra datos de cronogramas, recursos costos y otros factores en una plataforma centralizada que actualiza automáticamente para reflejar cambios y ajustes.(Heather, 2022)
- **Colaboración en tiempo real:** facilita la comunicación entre todos los involucrados (arquitectos, ingenieros, contratistas) permitiendo compartir información y tomar decisiones informadas rápidamente.
- **Simulación y optimización:** permitiendo anticipar escenarios, evaluar impactos de cambios o problemas ajustar planes para minimizar riesgos y retrasos.
- **Validación de diseño y detección de incompatibilidades:** mejora la constructibilidad y seguridad al reducir la necesidad de retrabajo.

7.28 Beneficios de usar SYNCHRO

- **Reducción de costos y riesgos:** al identificar el problema y optimizar recursos antes y durante la construcción, se evitan gastos innecesarios y retrasos
- **Mejora en la seguridad y calidad:** la detección temprana de conflictos y la validación de diseño contribuyen a un entorno de trabajo más seguro y con mejor calidad final.
- **Aumento de la eficiencia:** la integración de programación y modelado reduce errores y mejora la coordinación entre equipos. (iac, 2024)

Y en resumen es una plataforma integral que digitaliza la planificación ejecución y control de proyectos de construcción, mejorando la colaboración, la eficiencia y la

gestión de riesgos para lograr proyectos exitosos y entregados a tiempo.(virtuosity, 2020)

8 METODOLOGIA

Dentro de la fase investigativa del proyecto de titulación, se realizó un análisis basado en un levantamiento con ortofoto del área situada en la Av. 24 de Mayo y calle Carrera Cuenca ya que este análisis incluye un conteo vehicular para determinar la cantidad de vehículos que circulan por esta vía, con el fin de identificar el punto crítico y promover medidas para disminuir la congestión vehicular teniendo en cuenta que permitirá evaluar criterios de tráfico y movilidad para proponer soluciones específicas.

8.1 Levantamiento topográfico con Dron

El levantamiento topográfico se llevó a cabo utilizando el modelo del Dron DJI Mavic 2 Zoom con ello se realizó el estudio técnico y descriptivo busca representar gráficamente el terreno tomando en cuenta sus características geográficas, geológicas y físicas para elaborar un plan detallado.

Permitiendo obtener datos precisos del terreno donde se proyecta dar una solución a la vía, facilitando así la planificación y mejora de la infraestructura para esto la información recopilada incluye detalles sobre elevaciones, pendientes curvas de nivel y estructuras presentes, proporcionando un levantamiento actualizado del estado físico tanto de la intersección para desarrollar una infraestructura segura y eficiente.

Figura 14.levantamiento con el dron DJI Mavic 2 Zoom.



Fuente: Elaboración propia.

8.2 Levantamiento con ortofoto

Se utilizó la ortofoto para combinar las imágenes del área las cuales fueron corregidas geométricamente mediante un proceso llamado orto rectificación, este proceso elimina las distorsiones provocadas por la topografía del terreno, la inclinación de la cámara y otros factores que afectan a la imagen, gracias a esta corrección cada punto en la foto se ajusta para coincidir con su ubicación real en el terreno logrando así una representación con escala uniforme y precisión métrica.

El conjunto de datos consistió con una cantidad de 211 imágenes con un área de 1.79 ha a una velocidad de vuelo de 2.2 m/s, un ángulo de cámara a 75° y una precisión de 4000 x 3000 píxeles, el vuelo se hizo a una altura de 35 metros, el día sábado 10 de mayo del 2025.

Figura 15. Levantamiento con Ortofoto.

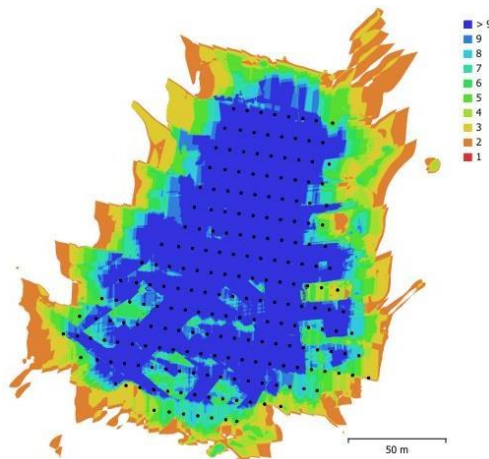


Fuente: Elaboración propia.

8.3 Posiciones de cámara y solapamiento de imágenes

Garantiza imágenes con la calidad y precisión necesaria para orto mosaicos y modelos digitales.

Figura 16. Posiciones de cámara y solapamiento de imágenes

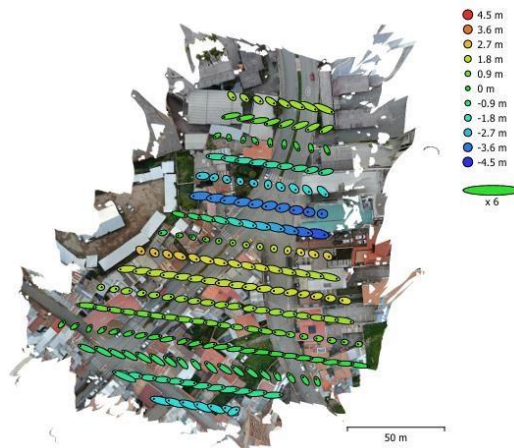


Fuente: Elaboración propia.

8.4 Posiciones de cámara y estimadores de error

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representa el error en XY. Las posiciones estimadas de la cámara se indican con los puntos negros.

Figura 17. Posiciones de cámara y estimadores de error

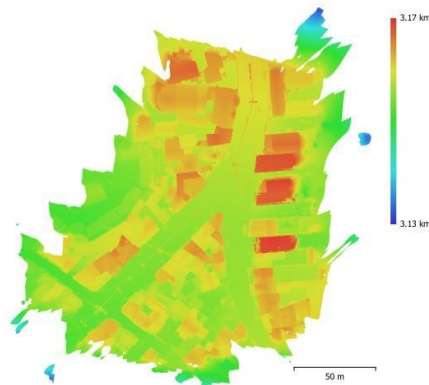


Fuente: Elaboración propia.

8.5 Modelo digital de elevaciones

Representa el relieve terrestre donde cada punto tiene información sobre la elevación o altitud del terreno su resolución de 9.48 mm/pix y cada densidad de puntos es 1.11 puntos/cm²

Figura 18. Modelo digital de elevaciones.



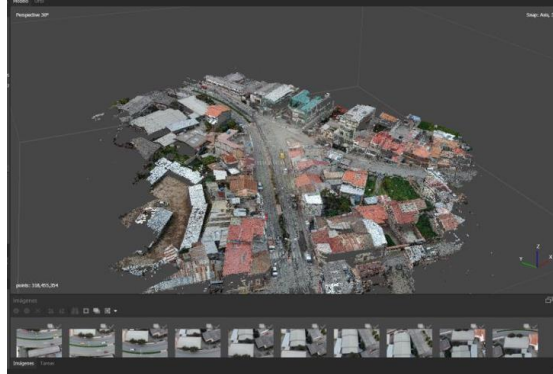
Fuente: Elaboración propia.

8.6 Importación de puntos al Civil 3D

Se obtiene la fotometría con la ortofoto se procede a importar las fotos para cargar las fotos que se usa, luego de esto se crea bloques y se alinea las fotos en cada bloque para poderlos alinear, después de la alineación se combina la nube de puntos y

marcadores en un solo uso de modelo, se genera la nube de puntos y se genera la textura para el modelo final.

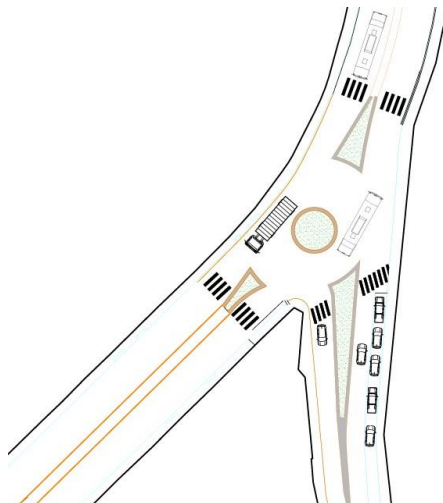
Figura 19. Modelación en el software Agisoft Meashape



Fuente: Elaboración propia.

Una vez generado el modelo final se procede a importar al programa Civil 3D en el cual se dibuja con polilíneas el plano de la zona de estudio dando como resultado.

Figura 20. Diseño planimétrico de la intersección.



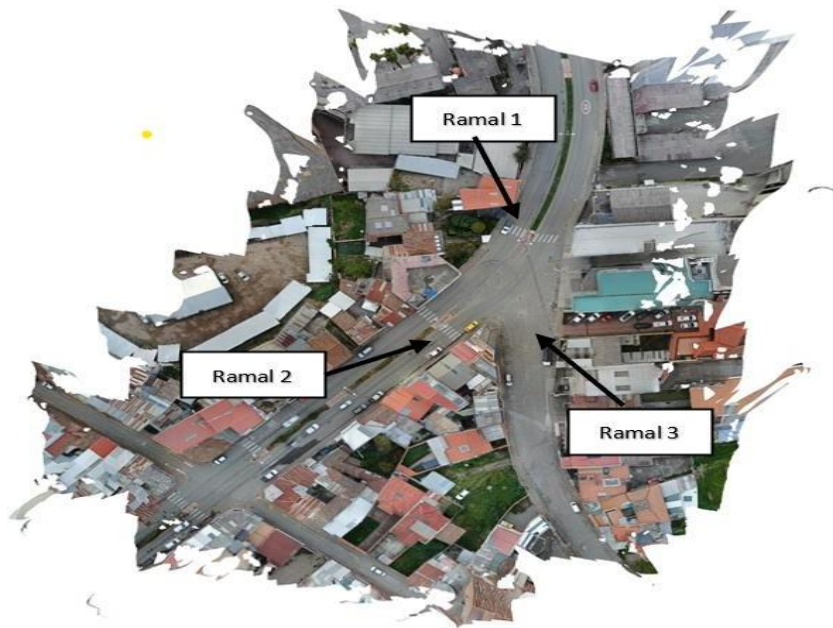
Fuente: Elaboración propia.

8.7 Descripción del Área de Estudio de la hora pico

Para el presente estudio se determinó la intersección de la Av. 24 de mayo y Calle Carrera Cuenca, caracterizada por un flujo vehicular elevado. Durante el estudio

se registraron movimientos de giro (derecha, frente e izquierda) en cada fase de medición, utilizando 3 ramales divididos por cada giro que son A, B, C, D, E, F, G, H, I, mediante estos resultados de cada día por separado determino la hora pico, luego se calcula cada giro para poner cada factor que fue de 15 minutos y de esa división hay un máximo con lo cual se determinó un valor de cada giro que se hizo.

Figura 21. Intersección señalada los diferentes ramales.



Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio de tráfico se contabilizo el número de vehículos que circulan por la intersección en la siguiente tabla.

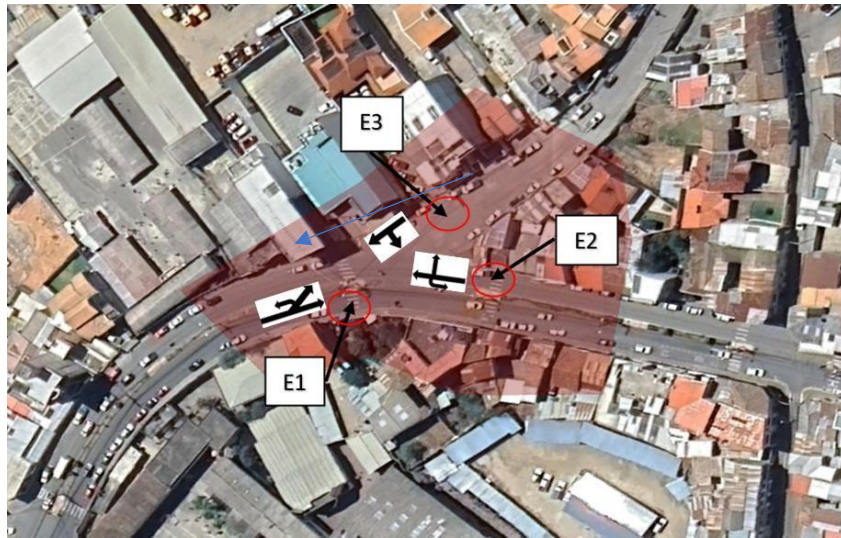
Tabla 1. Formato de hora pico

CONTEO AV. 24 DE MAYO Y CARRERA CUENCA

FECHA:		MARTES										OBSERVACIONES: ESTACION 1								
DIA DE LA SEMANA:		MAÑANA:		DESAYUNO:		TARDE:		DESEAYUNO:		UBICACIÓN:		SECTOR:								
ESTADO DEL TIEMPO:		LIVIANOS		BUSES		CAMION C2		CAMION C3		CAMION C4		CAMION C5 O MÁS		DOS RUEDAS		MOTOTAXI		TOTAL		
HORAS		↓ ↑		↓ ↑		↓ ↑		↓ ↑		↓ ↑		↓ ↑		↓ ↑		↓ ↑		TOTAL		
00:00-00:15																				
00:15-00:30																				
00:30-00:45																				
00:45-01:00																				
01:00-01:15																				
01:15-01:30																				
01:30-01:45																				
01:45-02:00																				
02:00-02:15																				
02:15-02:30																				
02:30-02:45																				
02:45-03:00																				
03:00-03:15																				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 22.Estaciones de la intersección.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22 se observa la ubicación de las estaciones y sus respectivos giros, en la estación 1 (E1) cuenta tres giros uno hacia la izquierda, otro de frente y un giro en U en el redondel, en la estación 2 (E2) cuenta con tres giros un giro hacia la derecha, otro de frente y un giro en U en el redondel y por último la estación 3 (E3) cuenta con tres giros que va uno de frente, otro a la izquierda y un giro en U en el redondel.

8.8 Determinación del conteo vehicular

Para el presente estudio se determinó la intersección entre la Av. 24 de Mayo y calle Carrera Cuenca, lo cual se define como bidireccional en ambos carriles, se realiza el conteo del flujo vehicular durante 24 horas al día durante los siete días de la semana, para ello, se utilizó una cámara y técnicas de clasificación de vehículos con los datos se segmentaron en intervalos de quince minutos comenzando desde las seis de la mañana y finalizando a las 6 de la mañana del día siguiente

La categorización de los vehículos se incluye las siguientes clases: vehículos livianos, buses, vehículos de dos ejes, tres ejes, tráileres y motos, este enfoque integral nos permite ver el comportamiento del tránsito en la intersección

Para el contero vehicular se utilizó un método manual en el cual se instaló una cámara en una zona estratégica para poder monitorear el flujo vehicular, los giros que hacen los vehículos y movimientos de cada cruce para este monitoreo se realiza durante veinticuatro horas los 7 días de la semana para obtener los datos correspondientes al flujo de dicha intersección.

Figura 23.Ubicación de la cámara



Fuente: Elaboración propia

Después de completar la grabación durante los siete días de la semana, se procede hacer el conteo en la intersección, clasificando los vehículos en categorías como: vehículos livianos, pesados, buses, dos ejes, tres ejes y motocicletas registrando en intervalos de quince minutos

Tabla 2. Formato de conteo vehicular

INTERSECCIÓN		CALLE CARRERA OJUECA Y AV 24 DE MAYO		HORA DE INICIO		0900 - 0900		HORA DE FIN		0900 - 0900		INTERSECCIÓN																			
ENCUESTADOR		LUIS ROQUE LUIS OROZCO										INTERSECCIÓN																			
INTERSECCIÓN	PUNTO DE CONTEO	INTERSECCIÓN 1																													
		A				B				C				D				E				F									
		LIVIANO	BUSES	CAMIONES	MOTOS	TOTAL	LIVIANO	BUSES	CAMIONES	MOTOS	TOTAL	LIVIANO	BUSES	CAMIONES	MOTOS	TOTAL	LIVIANO	BUSES	CAMIONES	MOTOS	TOTAL	LIVIANO	BUSES	CAMIONES	MOTOS	TOTAL					
		2 Ejes	3 Ejes	3 Ejes			2 Ejes	3 Ejes	3 Ejes			2 Ejes	3 Ejes	3 Ejes			2 Ejes	3 Ejes	3 Ejes			2 Ejes	3 Ejes	3 Ejes							
0900 - 0915	09:00																														
	09:15																														
	09:30																														
0930 - 0945	09:30																														
	09:45																														
	10:00																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																														
	10:00																														
	10:15																														
0945 - 10:00	09:45																					</									

Tabla 3. Resumen de conteos de tráfico por intersección

Volumen Vehicular Lunes 12/05/2025						
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			
			2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 O MÁS EJES
00:00 - 00:59						
01:00 - 01:59						
02:00 - 02:59						
03:00 - 03:59						
04:00 - 04:59						
05:00 - 05:59						
06:00 - 06:59						
07:00 - 07:59						
08:00 - 08:59						
09:00 - 09:59						
10:00 - 10:59						
11:00 - 11:59						
12:00 - 12:59						
13:00 - 13:59						
14:00 - 14:59						
15:00 - 15:59						
16:00 - 16:59						
17:00 - 17:59						
18:00 - 18:59						
19:00 - 19:59						
20:00 - 20:59						
21:00 - 21:59						
22:00 - 22:59						
23:00 - 23:59						
Total						

Fuente: Elaboración propia.

Con base al resumen horario del conteo diario de vehículos, es posible crear un gráfico que refleja el flujo vehicular en el lapso de las veinticuatro horas, donde se identifica las horas de mayor afluencia de vehículos por ende el periodo con el volumen más alto se denomina “Hora Pico”. Además, se calcula el Q15, que representa el volumen máximo registrado en un intervalo de quince minutos de todo el día contabilizado, y el VHD, que es el volumen horario de diseño, el último se obtiene mediante una multiplicación específica para determinar los valores.

$$VHD = Q15 * 4$$

El FHP que es el factor de la hora pico se calcula con la siguiente formula:

$$FHP = \frac{\text{Volumen de la Hora Pico}}{\text{Volumen horario de diseño}}$$

8.10 Factor horario y diario

Para esta parte se realizó un conteo vehicular de veinticuatro horas por siete días consecutivos, en el cual no se requiere de ninguna corrección que el factor horario como el diario son iguales a 1, estos valores son esenciales para analizar el comportamiento del tráfico y el consumo de combustible, ya que el consumo varía según la intensidad y el horario de circulación, además de las condiciones específicas del día.

Factor horario: 1

Factor Diario: 1

Para el factor horario se contabilizó un día completo dando como resultado las veinticuatro horas, y para el factor diario se contó los 7 días de la semana dando como factor total a 1

8.11 Factor Semanal

Para determinar este factor, se creó una tabla en el cual se vincula la cantidad de días que se hizo el conteo en cada mes con los siete días de la semana (teniendo en cuenta si el año es bisiesto o no) obteniendo la siguiente tabla de distribución:

Tabla 4. Factor semanal

MES	NO SIAS	NO SEMANAS	FS
ENERO	31	4.428571429	1.107142857
FEBRERO	28	4	1
MARZO	31	4.428571429	1.107142857
ABRIL	30	4.285714286	1.071428571
MAYO	31	4.428571429	1.107142857
JUNIO	30	4.285714286	1.071428571
JULIO	31	4.428571429	1.107142857

AGOSTO	31	4.428571429	1.107142857
SEPTIEMBRE	30	4.285714286	1.071428571
OCTUBRE	31	4.428571429	1.107142857
NOVIEMBRE	30	4.285714286	1.071428571
DICIEMBRE	31	4.428571429	1.107142857
TOTAL	365		

Fuente: Elaboración propia

8.12 Factor mensual

Para el factor mensual se tomó en cuenta el consumo correspondiente a la provincia en donde se realiza el estudio, en este caso se realiza en la provincia del Cañar cantón Cañar, este análisis se recopiló datos mensuales sobre el consumo de combustible en la provincia ya mencionada abarcando información hasta en año 2022. Estos registros se emplearon para calcular el factor mensual, ya que se representan los datos más actualizados disponibles.

Tabla 5. Consumo de combustibles en el año 2022 de la provincia del Cañar

COMBUSTIBLES 2022				
MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA
ENE	3,309,252	454,710	2,820,500	6,584,461
FEB	3,046,583	433,729	2,842,737	6,323,049
MAR	3,327,814	450,528	3,112,720	6,891,062
ABR	3,325,121	464,368	3,128,571	6,918,060
MAY	3,552,286	470,016	3,167,321	7,189,623
JUN	3,255,726	420,621	2,876,885	6,553,232
JUL	3,513,349	467,667	3,198,489	7,179,505
AGO	3,379,761	470,823	3,225,035	7,075,619
SEP	3,325,467	442,875	3,067,682	6,836,024
OCT	3,581,302	465,774	3,202,419	7,249,495
NOV	3,463,055	448,336	3,176,049	7,087,439
DIC	3,689,289	468,184	2,988,498	7,145,971
	40,769,005	5,457,630	36,806,906	83,033,541

	COSTO PROMEDIO MENSUAL	6,919,462
	Fm	1.055885379

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del factor mensual se utilizó la siguiente fórmula:

$$Fm = \frac{\text{Costo Promedio Mensual}}{\text{Mes donde se realiza el conteo}}$$

8.13 Procedimiento del cálculo del Tránsito promedio Diario Anual (TPDA)

Para realizar en cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual sigue una metodología estructurada que incluye recolección de datos y ajustes estadísticos dentro de un periodo de horas del día.

$$TPDA = To * Fh * Fd * Fs * Fm$$

Donde:

To: Tráfico total de un periodo de horas en un día

Fh: factor horario

Fd: factor diario

Fs: factor semanal

Fm: factor mensual

8.14 Proyección de tráfico del proyecto

Para la proyección de tráfico se realizó una proyección precisa del tráfico en Cañar, se requirió utilizar datos oficiales y actualizados hasta el 2022. Esto incluye:

- Censo poblacional del área de estudio
- Registro anual de vehículos ligeros

Estos elementos son fundamentales para el cálculo de los tres indicadores claves los cuales tenemos:

1. Tasa de motorización T^M
2. Tasa de crecimiento (Ts)
3. Tasa de motorización ajustada (Tm ajustado)

8.15 Tasa de saturación

Se realiza la tasa de saturación para el diseño y la regulación del tránsito, ya que esta permite determinar la capacidad máxima de las vías y evaluar los niveles de servicio y congestión en la intersección

8.16 Tasa de motorización

Se representa la cantidad de vehículos para cada mil habitantes que tiene la provincia del Cañar, y se determina con la siguiente formula:

$$Tm = \frac{\text{Vehiculos livianos} * 1000}{\text{poblacion}}$$

Una vez efectuado la formula podemos identificar una tasa de saturación en la que el Tm se estabiliza lo cual es fundamental para el diseño y a regulación del tránsito, ya que permite determinar la capacidad máxima de la vía y evaluar los niveles de servicio u congestión en la intersección lo cual se utiliza la siguiente formula:

$$Tm = \frac{Ts}{1 + e^{(a + bt)}}$$

Donde:

Tm: tasa de motorización para el año k (vehículos/1000 habitantes)

Ts: tasa de saturación (vehículos/1000habitantes)

e: logaritmo natural

a,b: constantes a determinar (tiempo)

Esta relación matemática considera tres parámetros y, mediante un análisis de regresión se pudo transformarse en una función lineal dando como resultado la siguiente formula:

$$(a + bt) = \ln\left(\frac{Ts}{Tm} - 1\right)$$

Se efectúa una regresión lineal para determinar la variable “a” como la ordena al punto de origen y “b” que sería la pendiente.

$$Y = a + bt$$

Para la tasa de crecimiento de los vehículos livianos se utiliza la formula cada 5 años y se utiliza la siguiente formula:

$$i = \sqrt[n]{\frac{TF}{Ta}} - 1$$

Donde:

TF: tráfico futuro para el año n+5

Ta: tráfico actual para el año n

n: número de años transcurridos entre Ta y TF (n+5-n=5)

i: tasa de crecimiento para los 5 años

Para estimar la tasa de incremento de autobuses y camiones, se parte de la premisa de que la demanda de estos vehículos en la ciudad está estrechamente relacionada con el aumento de la población y se proyecta que su crecimiento sea

proporcional al ritmo poblacional como también la tasa de crecimiento de estos vehículos para periodos quincenales se calcula una tabla diseñada con esto usamos la siguiente fórmula:

$$i = \sqrt[n]{\frac{PF}{Pa}} - 1$$

Donde:

PF: población futura para el año n+5

Pa: población actual para el año n

n: número de años transcurridos PA y PF (n+5 – n=5)

i: tasa de crecimiento para los 5 años

Estas tasas servirán para el estimar los volúmenes de TPDA y la hora pico cada 5 años.

8.17 Cálculo del Transito Promedio Diario Anual (TPDA)

Para el análisis del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), se llevó a cabo el procesamiento de los datos obtenidos en campo utilizando un método similar al utilizado para el conteo de vehículos ya que con este enfoque permitió crear intervalos de una hora a partir de subintervalos de 15 minutos, sumando los vehículos clasificados en cada intervalo de tiempo por lo que los datos se recolectaron durante las 24 horas por 7 días de la semana, específicamente del 12 al 18 de mayo del 2025.

El análisis abarco tres estaciones, cada una con registros de intervalos de 15 minutos por día luego se calculó el TPDA para cada día y se realizaron ajustes según fuera necesario y el día lunes 12 de mayo destaco como el día con mayor flujo vehicular en la hora pico del medio día (12h00 a 13h00) siendo crucial para el análisis.

8.18 Análisis de niveles de servicio con el software SYNCHRO

Para la simulación del tráfico y determinar el nivel de servicio de manera efectiva, es fundamental contar con información detallada como el volumen de tráfico registrado en la hora pico para cada giro en todas las estaciones, el máximo volumen observado durante intervalos de 15 minutos por una hora, el volumen horario se diseña con el factor correspondiente a la hora pico y el porcentaje de vehículos pesados presentes durante este periodo.

Figura 24. Modelación de diseño en el Software Synchro



Fuente: Software Synchro

Se inicia trazando de manera clara la intersección en la que se realiza el estudio, identificando con precisión cada giro y estación involucrada, posteriormente, se ingresan los datos requeridos y se configuran los giros, en este caso existe un redondel de acuerdo a las necesidades del software.

Figura 25.Ingreso de datos al Software Synchro

Lane Settings	NBL	NBT	SBU	SBT	SBR	NEU	NEL	NER
Lanes and Sharing (#RL)	▼	↑	▼	↑	▼	▼	↑	▼
Traffic Volume (vph)	521	608	115	411	133	164	1425	201
Future Volume (vph)	521	608	115	411	133	164	1425	201
Street Name								
Link Distance (ft)	—	1398	—	1422	—	—	332	—
Link Speed (mph)	—	30	—	30	—	—	30	—
Set Arterial Name and Speed	—	NB	—	SB	—	—	NE	—
Travel Time (s)	—	31.8	—	32.3	—	—	7.5	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (ft)	12	12	12	12	12	12	12	12
Grade (%)	—	0	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (ft)	0	—	0	—	0	—	0	0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (ft)	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	1.000	—	0.973	—	—	0.985	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.977	—	0.991	—	—	0.957	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1820	—	1796	—	—	1756	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.977	—	0.991	—	—	0.957	—

Fuente: Software Synchro

Configurado los volúmenes de tráfico obtenemos los resultados y reportes de las tablas niveles de servicio y gráficos correspondientes para la solución de la intersección.

Figura 26.Reportes de la simulación

Lane Group	NBL	NBT	SBU	SBT	SBR	NEU	NEL	NER
Lane Configurations		↑		↑			↑	
Traffic Volume (vph)	521	608	115	411	133	164	1425	201
Future Volume (vph)	521	608	115	411	133	164	1425	201
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Util. Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fit				0.973			0.985	
Fit Protected		0.977		0.991			0.957	
Satd. Flow (prot)	0	1820	0	1796	0	0	1756	0
Fit Permitted		0.977		0.991			0.957	
Satd. Flow (perm)	0	1820	0	1796	0	0	1756	0
Link Speed (mph)		30		30			30	
Link Distance (ft)		1398		1422			332	
Travel Time (s)		31.8		32.3			7.5	
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Adj. Flow (vph)	566	661	125	447	145	178	1549	218
Shared Lane Traffic (%)								
Lane Group Flow (vph)	0	1227	0	717	0	0	1945	0
Enter Blocked Intersection	No	No	No	No	No	No	No	No
Lane Alignment	Left	Left	R NA	Left	Right	R NA	Left	Right
Median Width(ft)		0		0			12	
Link Offset(ft)		0		0			0	
Crosswalk Width(ft)		16		16			16	
Two way Left Turn Lane								
Headway Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Turning Speed (mph)	15		9		9	9	15	9
Sign Control		Free		Yield			Yield	
Intersection Summary								
Area Type:	Other							
Control Type:	Roundabout							
Intersection Capacity Utilization	207.2%				ICU Level of Service H			

Fuente: Software Synchro

8.19 Resumen diario de conteo de trafico de cada estación

Tabla 6. Conteo de la estación 1

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS Y MOTOS)							
Intersección: 1		ESTACION: E1		INICIO		0:00:00	
FECHA:		miércoles, 2 de julio de 2025		FIN		0:00:00	
Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		
07H00-08H00	327	47	113	0	0	73	560
08H00-09H00	322	74	67	1	0	66	530
09H00-10H00	363	53	82	1	0	51	550
10H00-11H00	345	54	76	0	0	56	531
11H00-12H00	328	58	84	0	0	52	522
12H00-13H00	408	67	125	0	0	59	659
13H00-14H00	401	57	169	0	0	68	695
14H00-15H00	425	52	151	0	0	85	713
15H00-16H00	459	62	167	0	0	80	768
16H00-17H00	401	58	154	0	0	74	687
17H00-18H00	580	58	132	1	0	86	857
18H00-19H00	1,009	54	148	0	0	57	1,268
TOTAL	5,368	694	1,468	3	0	807	8,340
%	64.36%	8.32%	17.60%	0.04%	0.00%	9.68%	100.00%

Composición incluyendo Motos

Livianos con 5368 unidades que representa el 64.36 %

Buses con 694 unidades que representa el 8.32 %

Camiones con 1471 unidades, donde están incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 17.64 %

Motos con 807 unidades que representa el 9.68 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Conteo de la estación 2

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS Y MOTOS)

Intersección: 2 ESTACION: E2 INICIO 0:00:00
 FECHA: miércoles, 2 de julio de 2025 FIN 0:00:00

Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		
07H00-08H00	847	33	10	3	0	13	906
08H00-09H00	987	24	18	0	0	6	1,035
09H00-10H00	581	29	11	1	0	5	627
10H00-11H00	452	26	23	0	0	2	503
11H00-12H00	504	27	20	0	0	3	554
12H00-13H00	1,160	119	251	145	0	146	1,821
13H00-14H00	846	99	14	0	0	11	970
14H00-15H00	899	109	25	0	0	8	1,041
15H00-16H00	1,006	99	24	0	0	9	1,138
16H00-17H00	589	57	19	0	0	13	678
17H00-18H00	822	13	17	0	0	11	863
18H00-19H00	847	0	6	1	0	13	867
TOTAL	9,540	635	438	150	0	240	11,003
%	86.70%	5.77%	3.98%	1.36%	0.00%	2.18%	100.00%

Composición incluyendo Motos

Livianos con 9540 unidades que representa el 86.70 %

Buses con 635 unidades que representa el 5.77 %

Camiones con 588 unidades, donde están incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 5.34 %

Motos con 240 unidades que representa el 2.18 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Conteo de la estación 3

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS Y MOTOS)

Intersección: 3 ESTACION: E3 - INICIO 0:00:00
 FECHA: miércoles, 2 de julio de 2025 FIN 0:00:00

Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		

07H00-08H00	346	0	64	0	0	3	413
08H00-09H00	466	0	69	0	0	1	536
09H00-10H00	613	0	62	0	0	0	675
10H00-11H00	561	0	58	0	0	0	619
11H00-12H00	656	0	88	0	0	0	744
12H00-13H00	728	0	397	0	0	4	1,129
13H00-14H00	292	0	136	0	0	2	430
14H00-15H00	327	0	99	0	0	2	428
15H00-16H00	321	0	100	0	0	2	423
16H00-17H00	305	0	77	0	0	0	382
17H00-18H00	310	0	60	0	0	3	373
18H00-19H00	356	0	65	0	0	0	421
TOTAL	5,281	0	1,275	0	0	17	6,573
%	80.34%	0.00%	19.40%	0.00%	0.00%	0.26%	100.00%

Composición incluyendo Motos

Livianos con 5281 unidades que representa el 80.34 %

Buses con 0 unidades que representa el 0.00 %

Camiones con 1275 unidades, donde están incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 19.40 %

Motos con 17 unidades que representa el 0.26 %

Fuente: Elaboración propia

8.20 Resumen diario de conteo de trafico de cada estación sin motos

Tabla 9. Conteo de la estación 1 sin motocicletas

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION

Intersección: 1 ESTACION: E1 INICIO 0:00:00

FECHA: miércoles, 2 de julio de 2025 FIN 0:00:00

Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		
07H00-08H00	327	47	113	0	0		487
08H00-09H00	322	74	67	1	0		464

09H00-10H00	363	53	82	1	0		499
10H00-11H00	345	54	76	0	0		475
11H00-12H00	328	58	84	0	0		470
12H00-13H00	408	67	125	0	0		600
13H00-14H00	401	57	169	0	0		627
14H00-15H00	425	52	151	0	0		628
15H00-16H00	459	62	167	0	0		688
16H00-17H00	401	58	154	0	0		613
17H00-18H00	580	58	132	1	0		771
18H00-19H00	1,009	54	148	0	0		1,211
TOTAL	5,368	694	1,468	3	0	0	7,533
%	71.26%	9.21%	19.49%	0.04%	0.00%	0.00%	100.00%

Composición incluyendo Motos

Livianos con 5368 unidades que representa el 71.26 %

Buses con 694 unidades que representa el 9.21 %

Camiones con 1471 unidades, donde están incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 19.53 %

Motos con 0 unidades que representa el 0.00 %

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Conteo de la estación 2 sin motocicletas

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS)

Intersección: 1 ESTACION: E2 INICIO 0:00:00

FECHA: miércoles, 2 de julio de 2025 FIN 0:00:00

Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		
07H00-08H00	847	33	10	3	0		893
08H00-09H00	987	24	18	0	0		1,029
09H00-10H00	581	29	11	1	0		622
10H00-11H00	452	26	23	0	0		501
11H00-12H00	504	27	20	0	0		551
12H00-13H00	1,160	119	251	145	0		1,675
13H00-14H00	846	99	14	0	0		959

14H00-15H00	899	109	25	0	0		1,033
15H00-16H00	1,006	99	24	0	0		1,129
16H00-17H00	589	57	19	0	0		665
17H00-18H00	822	13	17	0	0		852
18H00-19H00	847	0	6	1	0		854
TOTAL	9,540	635	438	150	0	0	10,763
%	88.64%	5.90%	4.07%	1.39%	0.00%	0.00%	100.00%

Composición incluyendo Motos

Livianos con 9540 unidades que representa el 88.64 %

Buses con 635 unidades que representa el 5.90 %

Camiones con 588 unidades, donde están incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 5.46 %

Motos con 0 unidades que representa el 0.00 %

Fuente: elaboración propia

Tabla 11. Conteo de la estación 3 sin motocicletas

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION

Intersección: 1 ESTACION: E3 INICIO 0:00:00

FECHA: miércoles, 2 de julio de 2025 FIN 0:00:00

Periodo de hora	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motos	Total
			2 EJES	3 EJES	TRAILER		
07H00-08H00	346	0	64	0	0		410
08H00-09H00	466	0	69	0	0		535
09H00-10H00	613	0	62	0	0		675
10H00-11H00	561	0	58	0	0		619
11H00-12H00	656	0	88	0	0		744
12H00-13H00	728	0	397	0	0		1,125

13H00-14H00	292	0	136	0	0		428
14H00-15H00	327	0	99	0	0		426
15H00-16H00	321	0	100	0	0		421
16H00-17H00	305	0	77	0	0		382
17H00-18H00	310	0	60	0	0		370
18H00-19H00	356	0	65	0	0		421
TOTAL	5,281	0	1,275	0	0	0	6,556
%	80.55%	0.00%	19.45%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Composición incluyendo Motos

Livianos con 5281 unidades que representa el 80.55 %

Buses con 0 unidades que representa el 0.00 %

Camiones con 1275 unidades, donde están incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 19.45 %

Motos con 0 unidades que representa el 0.00 %

Fuente: elaboración propia

8.21 Determinación de la hora pico

Se determinó que la hora pico en la intersección es el día Lunes 14 de Mayo siendo de doce de la mañana a una de la tarde debido a sus diferentes estaciones con sus respectivos giros en cada ramal con una cantidad de 37589 vehículos

Tabla 12. Hora pico

A	B	C	D	E	F	G	H	I	TOTAL
89	24	28	395	52	38	160	147	0	933
106	35	29	416	49	33	159	143	0	970
98	50	31	288	55	41	142	142	0	847
118	24	27	326	45	52	147	89	0	828
411	133	115	1425	201	164	608	521	0	3578

PROYECCION 2045

11.20%

457	148	128	1585	224	182	676	579	0	3979
-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----	---	------

INCREMENTO

46	15	13	160	23	18	68	58	0	401
----	----	----	-----	----	----	----	----	---	-----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Volumen de hora pico

RAMAL		RAMAL 1			RAMAL 2			RAMAL 4			VALOR TOTAL		
PERIODO HORAS	PERIODO 15 MIN	A	B	C	D	E	F	G	H	I			
07H00 - 08H00	0-15	85	13	31	135	23	26	65	28	0	406	e2	1878
	15-30	91	15	20	163	24	28	65	29	0	435	e3	2057
	30-45	112	34	15	259	26	24	111	26	0	607	e1	2098
	45-60	91	19	34	144	28	25	67	22	0	430	e2	1975
08H00 - 09H00	0-15	91	28	24	282	24	26	74	36	0	585	e3	2098
	15-30	87	21	14	161	25	25	76	66	1	476	e4	2003
	30-45	94	12	19	179	25	24	77	54	0	484	e1	1987
	45-60	96	17	27	214	21	26	84	68	0	553	e2	1957
09H00 - 10H00	0-15	101	11	28	164	20	24	83	59	0	490	e3	1852
	15-30	93	20	26	137	26	29	75	54	0	460	e4	1763
	30-45	82	18	31	63	24	23	127	86	0	454	e1	1724
	45-60	98	17	25	70	25	22	136	54	1	448	e2	1663
10H00 - 11H00	0-15	103	18	21	74	26	20	113	26	0	401	e3	1652
	15-30	96	12	37	64	24	24	113	51	0	421	e4	1698
	30-45	96	15	14	73	32	25	114	23	1	393	e1	1743
	45-60	89	14	16	76	33	31	121	56	1	437	e2	1766
11H00 - 12H00	0-15	99	13	21	50	36	36	138	54	0	447	e3	1820
	15-30	105	11	17	60	35	24	165	49	0	466	e1	2306
	30-45	86	15	16	88	22	16	125	48	0	416	e2	2810
	45-60	102	17	20	84	27	76	109	56	0	491	e3	3241
12H00 - 13H00	0-15	89	24	28	395	52	38	160	147	0	933	e4	3578
	15-30	106	35	29	416	49	33	159	143	0	970	e1	3239
	30-45	98	50	31	288	55	41	142	142	0	847	e2	2766
	45-60	118	24	27	326	45	52	147	89	0	828	e3	2404
13H00 - 14H00	0-15	121	27	59	174	17	52	91	53	0	594	e4	2095
	15-30	98	23	32	169	28	41	37	69	0	497	e1	2011
	30-45	97	26	29	188	31	21	35	58	0	485	e2	2091
	45-60	109	38	36	193	31	25	39	48	0	519	e3	2155
14H00 - 15H00	0-15	101	31	42	175	31	26	46	57	1	510	e4	2179
	15-30	116	43	35	210	26	35	53	59	0	577	e1	2293
	30-45	92	37	38	214	31	24	44	69	0	549	e2	2315
	45-60	106	33	39	219	35	12	38	59	2	543	e3	2381
15H00 - 16H00	0-15	115	37	49	254	22	25	36	86	0	624	e4	2327
	15-30	106	33	49	239	26	53	45	48	0	599	e1	2179
	30-45	113	32	46	252	26	51	46	49	0	615	e2	2009
	45-60	110	33	45	136	28	24	45	68	0	489	e3	1789
16H00 - 17H00	0-15	115	28	46	135	22	26	45	59	0	476	e1	1744
	15-30	102	17	28	135	24	25	40	58	0	429	e2	1793
	30-45	94	20	40	111	23	28	22	57	0	395	e3	1904
	45-60	106	37	54	98	24	24	35	66	0	444	e4	1827
17H00 - 18H00	0-15	113	31	61	155	27	29	45	64	0	525	e1	2091
	15-30	97	23	6	270	24	25	31	64	0	540	e2	2143
	30-45	111	23	25	21	26	21	34	57	0	318	e3	2364
	45-60	96	50	221	217	26	20	20	58	0	708	e4	2731
18H00 - 19H00	0-15	116	22	157	148	29	20	26	59	0	577	e1	2554
	15-30	94	53	239	219	21	20	18	96	1	761	e2	2555
	30-45	94	26	215	203	12	26	23	85	1	685	e3	2309
	45-60	85	28	139	123	19	25	28	84	0	531	e4	2159
total		7438	2012	3746	11793	1893	1981	4551	4126	9	37583		

Fuente: Elaboración propia

8.22 Proyección del tráfico para 20 años

Utilizando los datos y las fórmulas descritas, se elaboró una tabla que muestra la proyección del número de vehículos que transitan en los diferentes sentidos ya que con estos resultados son fundamentales para el cálculo de la tasa de crecimiento de los vehículos, lo que a su vez permite hacer una estimación precisa del flujo vehicular en la intersección. Se diseña según el modelo logístico como se muestra a continuación en la tabla 13.

Tabla 14. Proyección del tráfico vehicular en la ciudad de cañar

PROYECCION DE TRAFICO

PROYECCIONES DE VEHICULOS LIVIANOS SEGÚN EL MODELO LOGISTICO

AÑO	POBLACION CAÑAR	VEHICULOS LIVIANOS	Tm	$Y=Ln(Ts/Tm -1)$	Tm AJUSTADO	VEH. AJUSTADO. LIVIANOS
1969	181,573	1,935	10.66	2.93	16.99	3,085
1970	188,132	2,435	12.94	2.72	18.20	3,424
1971	194,928	3,173	16.28	2.48	19.49	3,799
1972	201,970	3,529	17.47	2.40	20.86	4,214
1973	209,266	3,921	18.74	2.32	22.32	4,671
1974	216,826	4,638	21.39	2.18	23.86	5,174
1975	224,659	5,710	25.42	1.98	25.50	5,729
1976	233,221	6,588	28.25	1.86	27.24	6,352
1977	242,110	8,106	33.48	1.66	29.07	7,038
1978	251,337	8,877	35.32	1.60	31.01	7,793
1979	260,916	11,193	42.90	1.36	33.05	8,622
1980	270,860	6,435	23.76	2.06	35.19	9,533
1981	281,183	12,070	42.93	1.36	37.45	10,531
1982	291,899	17,169	58.82	0.94	39.82	11,625
1983	303,024	14,695	48.49	1.20	42.31	12,821
1984	306,391	15,453	50.44	1.15	44.91	13,759
1985	309,795	16,113	52.01	1.11	47.62	14,752
1986	313,237	18,887	60.30	0.91	50.45	15,802
1987	316,717	17,792	56.18	1.01	53.39	16,908
1988	320,236	18,806	58.73	0.95	56.44	18,073
1989	323,793	23,028	71.12	0.67	59.59	19,296
1990	327,391	20,648	63.07	0.85	62.85	20,578
1991	331,028	22,202	67.07	0.76	66.22	21,919
1992	338,490	18,888	55.80	1.02	69.67	23,584
1993	346,119	22,504	65.02	0.80	73.22	25,342
1994	353,921	21,940	61.99	0.87	76.84	27,197
1995	361,899	25,658	70.90	0.67	80.55	29,149
1996	370,056	27,067	73.14	0.63	84.31	31,200
1997	378,397	30,957	81.81	0.45	88.13	33,349
1998	386,926	31,006	80.13	0.48	92.00	35,598
1999	395,648	35,703	90.24	0.28	95.91	37,945
2000	404,566	42,924	106.10	-0.02	99.84	40,391

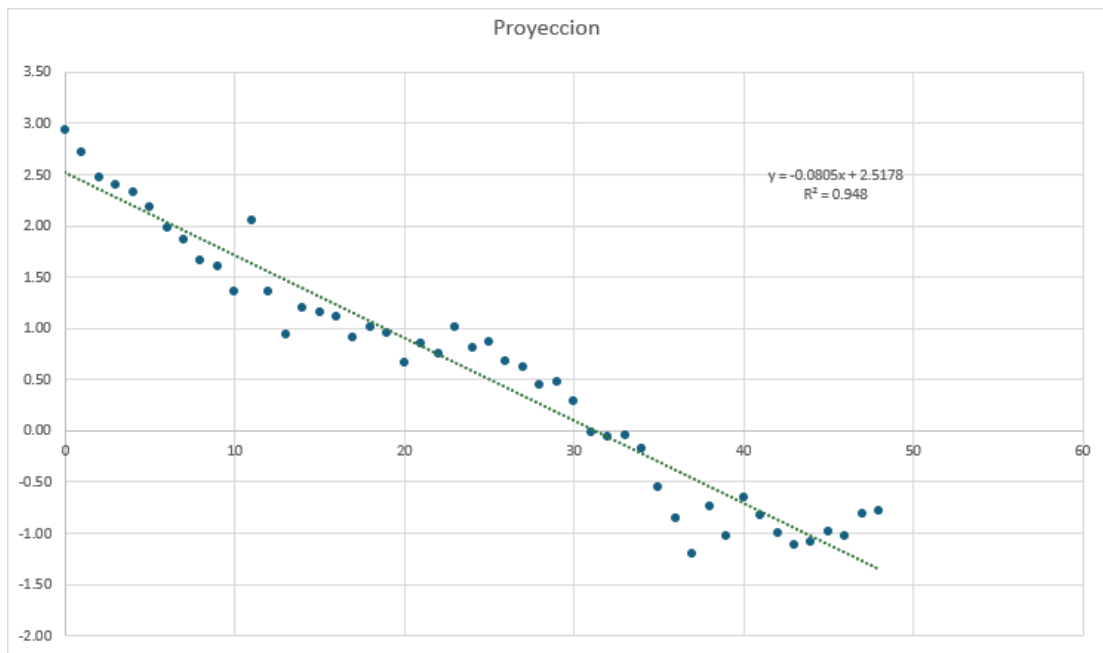
2001	413,685	44,844	108.40	-0.06	103.78	42,933
2002	423,010	45,513	107.59	-0.05	107.73	45,571
2003	432,545	49,245	113.85	-0.17	111.67	48,302
2004	442,294	58,775	132.89	-0.54	115.59	51,126
2005	452,264	66,601	147.26	-0.85	119.48	54,038
2006	462,458	74,657	161.44	-1.20	123.34	57,038
2007	472,882	67,353	142.43	-0.75	127.14	60,121
2008	483,541	74,846	154.79	-1.03	130.88	63,286
2009	494,441	68,302	138.14	-0.65	134.55	66,529
2010	505,585	73,703	145.78	-0.82	138.15	69,846
2011	516,982	79,424	153.63	-1.00	141.66	73,236
2012	528,635	83,675	158.29	-1.12	145.08	76,696
2013	540,550	84,929	157.12	-1.09	148.41	80,221
2014	552,735	84,644	153.14	-0.99	151.63	83,811
2015	580,706	89,864	154.75	-1.03	154.75	89,862
2016	591,996	85,961	145.21	-0.81	157.75	93,389
2017	603,269	86,966	144.16	-0.78	160.65	96,915
2018	614,539	92,906	151.18	-0.94	163.43	100,435
2019	625,775	93,825	149.93	-0.91	166.10	103,942
2020	639,880	94,125	147.10	-0.85	168.66	107,919
2021	654,304	95,632	146.16	-0.83	171.10	111,949
2022	669,052				173.42	116,030
2023	684,133				175.64	120,162
2024	699,553		a =	2.430	177.75	124,344
2025	715,322				179.75	128,578
2026	731,445		b =	-0.075	181.64	132,863
2027	747,932				183.44	137,200
2028	764,791		r =	0.9672	185.14	141,590
2029	782,030				186.74	146,035
2030	799,657		r² =	0.93541510	188.25	150,535
2031	817,682				189.67	155,092
2032	836,113		Ts =	210	191.01	159,708
2033	854,959				192.27	164,385
2034	874,231		Y =	a+bt	193.46	169,124
2035	893,936				194.57	173,929
2036	914,086			Y = 2.430 -0.075 t	195.61	178,802
2037	934,690				196.58	183,745
2038	955,758				197.50	188,760

2039	977,302
2040	999,330
2041	1,008,999
2042	1,031,742
2043	1,054,998
2044	1,078,778
2045	1,103,094
2046	1,127,959
2047	1,153,384
2048	1,179,381
2049	1,205,965
2050	1,233,148

198.35	193,851
199.15	199,021
199.90	201,701
200.60	206,968
201.25	212,322
201.86	217,765
202.43	223,301
202.96	228,932
203.46	234,662
203.92	240,494
204.34	246,433
204.74	252,480

Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Proyección del modelo logístico



Fuente: Elaboracion propia

Luego de haber realizado la tabla de proyección vehicular en la ciudad de cañar continuamos con la tasa de crecimiento vehicular en el periodo de 10, 15 y 20 años de la estación 1, 2 y 3

Tabla 15. Tasa de crecimiento vehicular 1

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2025-2030	3.20%	2.25%	2.25%
2030-2035	2.93%	2.25%	2.25%
2035-2040	2.73%	2.25%	2.25%
2040-2045	2.33%	2.00%	2.00%

Fuente: elaboración propia

Tabla 16. Tasa de crecimiento vehicular 2

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2025-2030	3.20%	0.00%	2.25%
2030-2035	2.93%	0.00%	2.25%
2035-2040	2.73%	0.00%	2.25%
2040-2045	2.33%	0.00%	2.00%

Fuente: elaboración propia

Una vez sacada la tabla de crecimiento de tráfico se realiza cada 5 años utilizando las tasas establecidas en las tablas ya que con ello se presenta la proyección desde el 2025 hasta el 2045, desglosando por estaciones y tipos de vehículos, además del TPDA total para la intersección en la zona de estudio, los resultados corresponden al día con mayor demanda vehicular, con los valores indicados a continuación.

Tabla 17. Proyección de vehículos en la ciudad de cañar

ESTACION	VEHICULOS	TPDA2025	TPDA2030	TPDA2035	TPDA2040	TPDA2045
----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------

E1	L	10,982	11,334	11,666	11,984	12,264
	B	1,420	1,420	1,420	1,420	1,420
	E2	3,003	3,071	3,140	3,211	3,275
	E3	4	4	4	4	4
	E4 - E6	0	0	0	0	0
	TOTAL	15,409	15,828	16,230	16,619	16,963
E2	L	19,517	20,142	20,732	21,299	21,795
	B	1,299	1,299	1,299	1,299	1,299
	E2	896	916	937	958	977
	E3	307	314	321	328	335
	E4 - E6	0	0	0	0	0
	TOTAL	22,019	22,671	23,289	23,884	24,406
E3	L	10,804	11,150	11,477	11,790	12,065
	B	0	0	0	0	0
	E2	2,608	2,667	2,727	2,789	2,844
	E3	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0
	TOTAL	13,412	13,817	14,204	14,579	14,909
TOTAL	L	41,302	42,625	43,875	45,073	46,123
	B	2,719	2,719	2,719	2,719	2,719
	E2	6,508	6,654	6,804	6,958	7,097
	E3	311	318	325	332	339
	E4 - E6	0	0	0	0	0
	TOTAL	50,840	52,316	53,723	55,082	56,277

Fuente: elaboración propia

9 RESULTADOS

9.1 Modelación del escenario actual en el Software Synchro

En la simulación realizada con el software Synchro para el escenario actual, se obtuvo un nivel de servicio E lo que indica que hay una circulación muy congestionada, esto implica que la circulación es lenta existiendo colas de vehículos largas, las condiciones de tráfico son modestas, se puede observar un impacto en la circulación,

comodidad y seguridad para los usuarios por lo que es necesario realizar mejoras para que la situación siga empeorando.

9.2 Modelación del escenario actual

Figura 28. Modelación con el escenario actual nivel de servicio E



Fuente: Software Synchro

9.2.1 Reporte del Software Synchro modelación actual

Se obtuvo un nivel de servicio tipo E, lo cual es grave para la situación actual ya que requiere inmediatamente mejoras en la intersección, ya que se puede llevar a cabo siniestros de tránsito

Figura 29. Reporte de la intersección con un nivel de servicio tipo E

Intersection Summary			
HCM 2000 Control Delay (s/veh)	304.1	HCM 2000 Level of Service	F
HCM 2000 Volume to Capacity ratio	1.05		
Actuated Cycle Length (s)	45.0	Sum of lost time (s)	9.0
Intersection Capacity Utilization	85.6%	ICU Level of Service	E
Analysis Period (min)	15		
c Critical Lane Group			

Fuente: Software Synchro

9.3 Modelación del escenario para 20 años con proyección para el 2045 en el Software Synchro

En cuanto al escenario proyectado para el 2045 tenemos un incremento del 11.20% el cual se ve analiza que tiene una subida de nivel de servicio a categoría F, lo que significa que el tráfico será sumamente congestionado y las condiciones resultaran inaceptables para los usuarios, en este contexto, la demanda de vehículos supera ampliamente la capacidad de la intersección.

Para abordar con este problema a largo plazo, se propuso una solución basada en la simulación; aumentando un carril y restringiendo giros que generan conflictos en la intersección ya que estas medidas permiten:

- Disminuir la formación de largas filas de vehículos y reduciendo los tiempos de espera.
- Mejorar la comodidad y experiencia de los conductores.
- Disminuir el riesgo de siniestros

con una gestión del tráfico más eficiente y una infraestructura adecuada, la intersección podrá soportar un mayor flujo vehicular de manera más ordenada y segura para los usuarios.

9.4 Modelación del escenario futuro para el 2045

Figura 30. Modelación proyectada para el 2045



Fuente: Software Synchro

9.4.1 Reporte del Software Synchro modelación futura para el año 2045

En la simulación que proyecta la situación de la intersección dentro de dos décadas, el resultado es claro: se alcanza un nivel de servicio tipo F, considerando los factores de hora pico, así como los puntos conflictivos en cada giro.

Por un lado, se esperaría la implementación de un carril en ambos sentidos, ya que la gestión de los flujos vehiculares traerá orden y fluidez. Sin embargo, la realidad es la opuesta: las velocidades de los vehículos caen a mínimos, los tiempos de espera se vuelven eternos e imprescindibles, y los bloqueos tales como embotellamientos se convierten en el pan de cada día causando malestar en los usuarios, mientras la

intención es mejorar la circulación el resultado es que la intersección se transforma en un punto crítico donde el caos predomina y la única manera de aspirar a un mejor nivel de servicio es aumentando carriles en todas las intersecciones que en esta vía existe la capacidad como también limitar para avanzar, poner berreras para recuperar el control y en medio del desorden buscar un poco de eficiencia.

Figura 31.Reporte de la intersección con un nivel de servicio F

Intersection Summary			
HCM 2000 Control Delay (s/veh)	897.8	HCM 2000 Level of Service	F
HCM 2000 Volume to Capacity ratio	1.84		
Actuated Cycle Length (s)	45.0	Sum of lost time (s)	9.0
Intersection Capacity Utilization	141.5%	ICU Level of Service	H
Analysis Period (min)	15		
c Critical Lane Group			

Reporte de la intersección con un nivel de servicio F

Fuente: Software Synchro

9.5 Solución propuesta para la intersección

La solución propuesta da un nivel de servicio tipo C, lo que refleja una eficiencia moderada en el manejo del tráfico, para lograr esto se decidió eliminar el redondel el mismo que provoca restricciones en las maniobras y liberar en las vias construidas un carril con el fin de aumentar la capacidad, y, finalmente realizar una optimización semafórica de un punto conflictivo y congestionado pasara a ser un cruce más manejable y eficiente, aunque la solución no elimina por completo las dificultades como en este caso la intersección que nos da un nivel de servicio tipo F porque ya no hay capacidad para la ampliación, establece un equilibrio entre restricción y fluidez, entre control y libertad, para mejorar el tránsito y seguridad de los usuarios.

Figura 32. Modelación de la solución proyectada para el 2045



Fuente: Software Synchro

9.5.1 Reportes de la solución propuesta para el año 2045

En cuanto a la modelación de la solución propuesta bajo de un nivel de servicio F a un nivel de servicio C por lo que se optimizó los ciclos semafóricos en la intersección y se implementó un nuevo carril en cada vía lo cual los reportes son los siguientes: una optimización en los semáforos que nos da un tiempo de 69 segundos, un tiempo de cambio para amarillo de 3.5 segundos y un todo rojo de 1 segundo para posteriormente el siguiente cambio que es de 71 segundos

Figura 33. Tiempo semafórico de la intersección



Fuente: Software Synchro

Figura 34. Tiempos de la semaforización

Node Settings		Timing Settings									
		NBL	NBT	SBU	SBT	SBR	NEU	NEL	NER	PED	HOLD
ATMS.now Controller ID	0	Permitted Phases		2	6	4					
Import from ATMS.now	<input type="button" value="Import"/>	Permitted Flashing Yellow		—	—	—					
Export to ATMS.now	<input type="button" value="Export"/>	Detector Phases		2	2	6	6	4	4		
Zone		Switch Phase		0	0	0	0	0	0		
X East (ft)	340889	Leading Detector (ft)		—	100	—		20			
Y North (ft)	-241603	Trailing Detector (ft)		—	0	—		0			
Z Elevation (ft)	0	Minimum Initial (s)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0		
Description		Minimum Split (s)		22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5		
Control Type	Pretimed	Total Split (s)		69.0	69.0	69.0	69.0	71.0	71.0		
Cycle Length (s)	140.0	Yellow Time (s)		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5		
Lock Timings	<input type="checkbox"/>	All-Red Time (s)		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
Optimize Cycle Length	<input type="button" value="Optimize"/>	Lost Time Adjust (s)		—	0.0	—		0.0			
Optimize Splits	<input type="button" value="Optimize"/>	Lagging Phase?		—	—	—		—			
Actuated Cycle(s)	140.0	Allow Lead/Lag Optimize?		—	—	—		—			
Natural Cycle(s)	140.0	Recall Mode		Max	Max	Max	Max	Max	Max		
Max v/c Ratio	1.33	Speed limit (mph)		—	30	—		30			
Intersection Delay (s)	153.0	Actuated Effct. Green (s)		—	64.5	—		64.5	66.5		

Fuente: Software Synchro

Figura 35. Reporte de la intersección con un nivel de servicio Tipo C

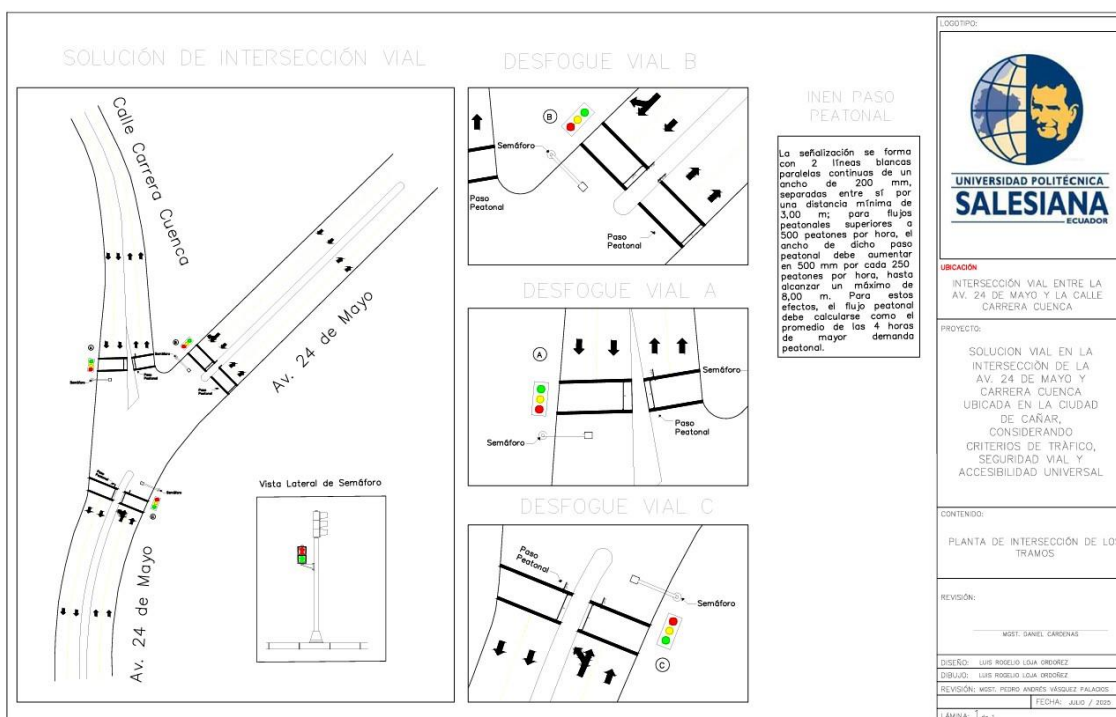
Intersection Summary			
HCM 2000 Control Delay (s/veh)	33.2	HCM 2000 Level of Service	C
HCM 2000 Volume to Capacity ratio	0.96		
Actuated Cycle Length (s)	90.0	Sum of lost time (s)	9.0
Intersection Capacity Utilization	85.8%	ICU Level of Service	E
Analysis Period (min)	15		
c Critical Lane Group			

Fuente: Software Synchro

9.6 Plano de la solución propuesta

Se utilizó flechas que distinguen los sentidos de la vía, lo que facilita la visibilidad y comprensión del cruce ya que esta organización anticipa mejoras en la movilidad y la seguridad vial, también se implementó otro carril en cada vía, para mejorar la movilidad, seguridad vial y eficiencia del tráfico en dicha intersección también se instaló semaforización y pasos peatonales en la intersección eliminando así el redonde existente porque nos daba caos, gracias a esta solución tanto conductores como peatones podrán desplazarse diariamente por la intersección de manera segura y eficiente, asegurando así trayectos de calidad hacia sus destinos.

Figura 36. Plano de la intersección



Fuente: elaboración propia

9.7 Presupuesto

Tabla 18. Presupuesto

Av. 24 de Mayo y Calle Carrera Cuenca

Oferente: Rogelio Loja Ordoñez

Ubicación: Cañar

Fecha: 3/7/2025

PRESUPUESTO					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Señalización vertical	u	8	130.87	1046.96
2	Pintura señalización de tráfico, manual, franja de 15cm	m2	2684	1.74	4670.16
3	Pintura paso cebra	m2	68	16.49	1121.32
4	Letrero información del proyecto	u	1	539.01	539.01
5	Suministro Calibrado de tiempo semafórico	u	3	4000	12000.00
6	Relleno compactado con equipo liviano	m3	43.2	5.74	247.97
7	Demolición de Estructuras de hormigón	m3	37.8	86.8	3281.04
8	Excavación mecánica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	43.2	1.86	80.35
9	Material de Subbase Clase 1 (Incluye esponjamiento)	m3	21.6	26.7	576.72
10	Material de Base Clase 2 (Incluye esponjamiento)	m3	27	30.7	828.90

11	Transporte de material hasta 5km	m3	86.4	1.58	136.51
		SUBTOTAL			24528.94
		IVA		15%	3679.34
		TOTAL			28208.28

10 CONCLUSIONES

El análisis de los niveles de servicio permitió identificar las condiciones actuales de operación de la intersección, evidenciando los puntos críticos donde se presentan mayores demoras y congestión vehicular, facilitando la comprensión del desempeño vial y la necesidad de implementar mejoras para optimizar el flujo del tráfico y tiempos de espera.

El conteo vehicular proporciono daros preciso sobre el volumen y la comprensión del tráfico en la zona de estudio, permitiendo calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de tal manera esta información es fundamental para dimensionar correctamente la infraestructura vial y planificar intervenciones que correspondan a la demanda.

La proyección y simulación a 20 años mostraron la tendencia de crecimiento del tráfico y su impacto como un nivel de servicio de categoría F evidenciando la necesidad dar una solución que sea sostenible a largo plazo permitiendo así anticipar escenarios futuros y evaluar la efectividad.

El desarrollo de planos y presupuestos detallados facilito la visualización técnica y económica de las mejoras proyectadas para la intersección garantizando una planificación adecuada de recursos y una ejecución eficiente del proyecto, asegurando que la intervención sea viable y ajustada a las necesidades detectadas.

11 RECOMENDACIONES

Promover políticas que incentiven el uso del transporte público como la bicicleta y la caminata para así reducir la dependencia del vehículo particular y contribuyendo a la disminución de la congestión en la intersección analizada.

Se recomienda mejorar y mantener la señalización ya que es clave para guiar a los usuarios y reducir la probabilidad de siniestros, es recomendable instalar señales claras, visibles y actualizadas, así como marcas viales que indiquen prioridades y zonas de cruce peatonal seguro.

Implementar programas educativos dirigidos tanto a conductores como a peatones, con el objetivo de fomentar el respeto por las normas de tránsito y correcta utilización de la infraestructura vial de manera que se pueda incluir talleres, charlas e instituciones educativas y difusión de material informativo.

Se recomienda evaluar integralmente el sistema vial del cantón, ya que, si bien la señalización cumple un rol fundamental en la seguridad vial, uno de los principales factores de riesgo también se encuentra en el estado físico de las vías.

12 BIBLIOGRAFIA

1. *Análisis de Tráfico Vehicular*. (s. f.). Recuperado 16 de abril de 2025, de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19507/1/CD-1130.pdf?utm_source
2. Cabrera, D. D. D. (2023). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA CENTRO DE POSGRADOS MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL*.
3. Flujo Vehicular. (2008). *Análisis del flujo vehicular*.
4. *Gestores de movilidad*. (s. f.). Recuperado 14 de abril de 2025, de http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/18647/1/112T0369.pdf?utm_source
5. González, L. P. (2024, septiembre 19). Diseño de Intersecciones a Nivel y Desnivel. *Vialco Ingeniería Vial & Movilidad*. <https://www.vialcoingenieria.com/disenio-de-intersecciones-a-nivel-y-desnivel/>

6. *Google Maps*. (s. f.). Google Maps. Recuperado 14 de abril de 2025, de https://www.google.com/maps/place/Ca%C3%B1ar/@-2.5578926,-78.9466823,5961m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x91cd1299518ff765:0x6318f6059d48c388!8m2!3d-2.5589315!4d-78.9388191!16zL20vMDM2NXRk?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDQwOS4wI KXMDS0ASAFQA%3D%3D
7. Granda, R., Estefanía, M., Torres, Z., & Amador, B. (2016). *TRABAJO DE TITULACIÓN*.
8. Heather. (2022, mayo 12). *SYNCHRO: Software de ejecución digital para la construcción*. <https://es-la.bentley.com/software/synchro/>
9. iac. (2024, marzo 4). Synchro como solución avanzada para la sincronización de datos. *IAC*. <https://iac.com.co/sincronizacion-de-datos-con-synchro/>
10. Interseccion de Regulacion. (2013, abril 29). MODERNIZACIÓN EN LOS SISTEMAS DE CONTROL SEMAFÓRICO. *Jucamo*. <https://jucamo.wordpress.com/2013/04/28/modernizacion-en-los-sistemas-de-control-semaforico/>
11. Lliguizaca, R. S. O. (2018). *INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ*.
12. Ministerio de Transporte y Obras Publicas, S. D. O. (2012). *MINISTERIO DE TRANSPORTE Y MMINNIISSTTEERRIIIO DDEE TTRRAANNSSPPOORRTTEE Y Y MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS OOBRRRAASS PPÚÚBLLIICCAASS OBRAS PÚBLICAS*.
13. Navarrete, F. V., & Aguilar, W. G. R. (2012). *CARACTERÍSTICAS DE LA VELOCIDAD PROMEDIO, VOLUMEN DE TRÁFICO Y GRABADO DE LLANTAS EN TRAMOS DE PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE*.
14. Pérez, O. S., Laguardia, N. S., Cruz, R. A., Castañeira, J. A. P., & Mijenes, C. P. (2021). Análisis integral de accesibilidad y movilidad en centros históricos cubanos. Métodos de diagnóstico y procesamiento de información. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 15(2), 1-14.
15. Rafael Cal y Mayor R. (2007). *Ingeniería de tránsito—Rafael Cal y Mayor R*. https://www.academia.edu/87697455/Ingenier%C3%ADa_de_tr%C3%A1nsito_Rafael_Cal_y_Mayor_R?auto=download
16. Rafas A. (2025, enero 13). *¿Qué es una Isleta en la Carretera? Definición y Funciones Clave - Rafas Automoción - Web del Automóvil*. <https://rafas.es/que-es-una-isleta-en-la-carretera/>
17. Rodarx. (2001). *Intersecciones*. http://rodarx.freeservers.com/cursos/intersecciones.htm?utm_source
18. Servicio Público para Pago de Accidentes de Tránsito. (2023). *El Sistema Vial – Servicio Público para Pago de Accidentes de Tránsito*. <https://www.sppat.gob.ec/servicios/?p=83>

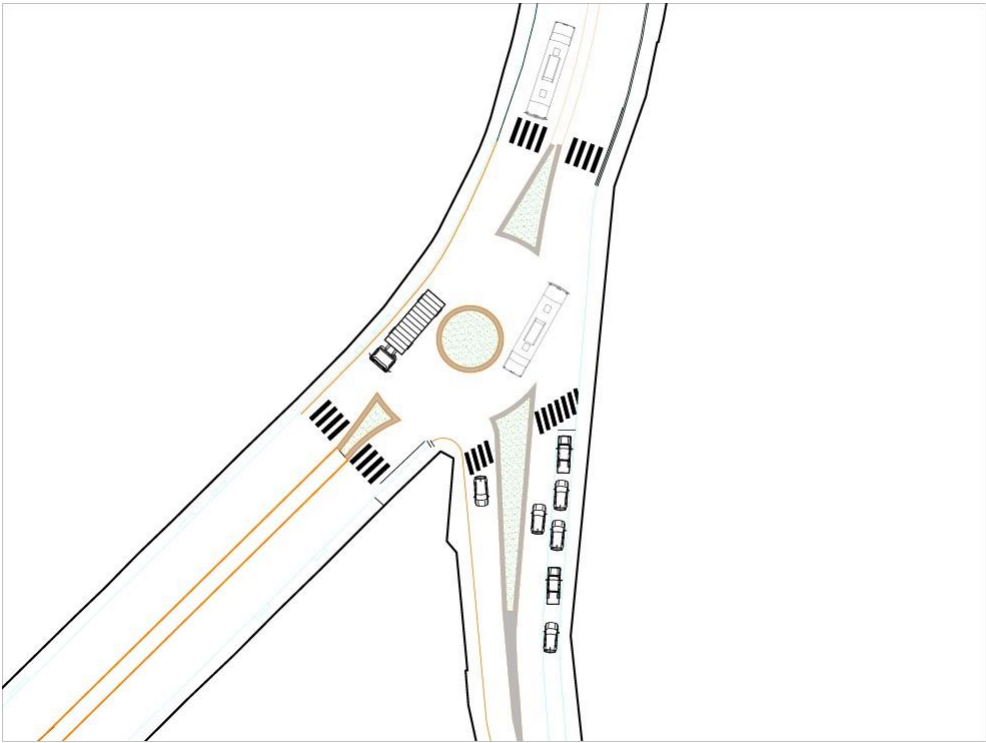
19. Thomson, I., & Bull, A. (2002a). La congestión del tránsito urbano: Causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista de la CEPAL*, 2002(76), 109-121. <https://doi.org/10.18356/fd4a1f83-es>
20. Thomson, I., & Bull, A. (2002b). La congestión del tránsito urbano: Causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista de la CEPAL*, 2002(76), 109-121. <https://doi.org/10.18356/fd4a1f83-es>
21. Totalmente Reflejante. (2025). ¿Cuántos tipos de carreteras existen? Descubre su clasificación y usos. *Totalmente Reflejante*. <https://www.totalmentereflejante.com/cuantos-tipos-de-carreteras-existen-descubre-su-clasificacion-y-usos/>
22. Tuteorica. (2022). *Los tres elementos que configuran el tráfico—Tuteorica*. <https://tuteorica.com/blog/los-tres-elementos-que-configuran-el-traffic/>
23. Unimac Traffic. (2024). → No. 24700 Isla para Cruce Peatonal. → Señalamientos viales al mejor precio. <https://unimattraffic.com/cruces-peatonales/no-24700-isla-para-cruce-peatonal/>
24. UrbanaDesign. (2023, junio 24). Traza urbana, tipos y características. *Urbana Design*. <https://www.urbana-design.com.mx/2023/06/24/traza-urbana-tipos-y-caracteristicas/>
25. ViasPucp. (2022, enero 19). *INTERSECCIONES A DESNIVEL*. <http://blog.pucp.edu.pe/blog/viaspucp/2022/01/19/intersecciones-a-desnivel/>
26. virtuosity. (2020). *Buy SYNCHRO 4D | Visual Planning & Scheduling Software*. <https://en.virtuosity.com/synchro-4d>
27. Zavaleta Hoyos, D. (2021). Programa Synchro Traffic para mejorar la optimización del tránsito vehicular: Una revisión de la literatura científica. *Universidad Privada del Norte*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4729251>

Anexo A. Tabla de conteo vehicular

The image displays four pages of handwritten data tables. The top two pages contain detailed vehicle count records, organized by time intervals (e.g., 13:00-13:30, 13:30-14:00) and listing various vehicle types with their respective counts. The bottom two pages show a summary table for the date 'DOMINGO 18-05-23'. This summary table has columns for 'LIMITE', 'CAMIONES', 'MOTOS', and 'TOTAL', with rows corresponding to different time intervals. The data is handwritten in black ink on lined paper.

PERIODO DE 15 MIN		DOMINGO 18-05-23					TOTAL
PERIODO DE 15 MIN	PERIODO DE 15 MIN	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	MOTOS	TOTAL	
0600-0700	0-15						
	15-30						
	30-45						
	45-60						
	0-15						
0700-0800	15-30						
	30-45						
	45-60						
	0-15						
0800-0900	15-30						
	30-45						
	45-60						
	0-15						
0900-1000	15-30						
	30-45						
	45-60						
	0-15						
1000-1100	15-30						
	30-45						
	45-60						
	0-15						
1100-1200	15-30						
	30-45						
	45-60						
	0-15						
1200-1300	15-30						
	30-45						
	45-60						
	0-15						
1300-1400	15-30						
	30-45						
	45-60						
	0-15						
1400-1500	15-30						
	30-45						
	45-60						
	0-15						
1500-1600	15-30						
	30-45						
	45-60						

Anexo B. Plano actual de la intersección



Anexo C. Plano de la solución vial para el año 2045

